



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

LETECKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF AEROSPACE ENGINEERING

ANALÝZA A POROVNÁNÍ TECHNICKO - PROVOZNÍCH PARAMETRŮ KLASICKÝCH LETADEL A BEZPILOTNÍCH PROSTŘEDKŮ PRO PROVÁDĚNÍ LETECKÝCH PRACÍ

ANALYSIS AND COMPARISON OF TECHNICAL - OPERATIONAL PARAMETERS OF AIRCRAFTS
AND UAVS USED FOR AERIAL WORKS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MAREK CIHLÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ CHLEBEK, Ph.D.

BRNO 2012

ZDE VLOŽIT ZADÁNÍ !!!!

ZDE VLOŽIT ZADÁNÍ !!!!

ABSTRAKT

Závěrečná diplomová práce se zabývá analýzou a porovnáním technicko-provozních parametrů klasických letadel, vrtulníků a bezpilotních prostředků vhodných pro realizaci leteckých prací. Věnuje se základním faktorům, které jsou důležité pro výběr vhodného letounu pro letecké práce, a výpočtům ekonomických a provozních charakteristik.

KLÍČOVÁ SLOVA

Letecké práce, legislativa, letoun, vrtulník, bezpilotní prostředek, technické parametry, ekonomické parametry.

ABSTRACT

The main content of this master's is desing of analysis and comparison of technical-operational parameters of aircrafts and UAVs used for aerial works. This theme attend to basic factors that affect selection of aeronautical technics used for aeriál works, also ekonomics and technical calculation.

KEYWORDS

Aerial work, legislation, aircraft, helicopter, UAV, technical parameters, economic parameters.

Bibliografická citace

CIHLÁŘ, M. *Analýza a porovnání technicko-provozních parametrů klasických letadel a bezpilotních prostředků pro provádění leteckých prací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 89 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Chlebek, Ph.D.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury pod vedením vedoucího diplomové práce Ing. Jiřího Chlebka, Ph.D.

V Brně dne 15.05.2012

.....
Bc. Marek Cihlář

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkovat panu Ing. Miroslavu Šplíchalovi, Ph.D. za jeho čas, který mi věnoval při konzultacích k tomuto tématu. Děkuji také svému vedoucímu práce, Ing. Jiřímu Chlebkovi, Ph.D. za jeho rady a připomínky ke zpracování diplomové práce.

OBSAH

1. ÚVOD	14
1.1 PROBLEMATIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE	14
1.2 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE	14
1.3 METODIKA PRÁCE	15
2. CIVILNÍ LETECTVÍ	15
2.1 LEGISLATIVA	17
3. VÝBĚR LETADLOVÉ TECHNIKY	17
3.1 LETOUNY S PEVNOU NOSNOU PLOCHOU	21
3.2 LETOUNY S ROTUJÍCÍ NOSNOU PLOCHOU	35
3.3 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDEK	51
4. VÝBĚR POROVNÁVANÝCH TYPŮ LETOUNŮ	53
4.1 VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ	54
4.1.1 PROVOZNÍ NÁKLADY LETOUNU CESSNA 152	56
4.1.2 PROVOZNÍ NÁKLADY VRTULNÍKU ROBINSON R22 BETA II	62
4.1.3 PROVOZNÍ NÁKLADY BEZPILOTNÍHO LETOUNU MARABU	68
5. ANALÝZA A POROVNÁNÍ	
TECHNICKO–PROVOZNÍCH PARAMETRŮ	73
6. DEFINOVÁNÍ VHODNÝCH OBLASTÍ	
VYUŽITÍ U POROVNÁVANÝCH LETOUNŮ	76
6.1 LETOUN CESSNA 152	76
6.2 VRTULNÍK ROBINSON R22 BETA II	76
6.3 BEZPILOTNÍ LETOUN MARABU	77
7. ZÁVĚR	78
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	82
SEZNAM PŘÍLOH	83

1. ÚVOD

Letectví je moderním druhem dopravy, které díky vojenskému využití v první světové, druhé světové a studené válce získalo obrovskou technickou vyspělost oproti ostatním klasickým druhům dopravy. Tato technická přednost umožnila v poválečných letech tomuto novému druhu dopravy dramatický rozmach v různých specifických oblastech. Svým progresivním vzestupem se tak stala letecká doprava neodmyslitelnou a nedílnou součástí všeobecné dopravy tak, jak ji dnes známe. Neustálý pokrok a vývoj v letectví umožňuje využití nových koncepcí letecké techniky ke specializovaným činnostem, které mohou nahradit dosavadní používané prostředky a docílit efektivnějšího a ekonomičtějšího splnění daného úkolu.

Cílem této práce je zabývat se leteckou činností, která spadá do kategorie leteckých prací a je důležitou složkou ovlivňující národní hospodářství. Úkolem bude výběr vhodných typů klasických letounů s pevnou (kap.3.1), rotující (kap.3.2), nosnou plochou a bezpilotního prostředku (kap.3.3), které jsou pro tuto specifickou činnost vhodné. Dalším důležitým bodem bude adekvátní porovnání těchto vybraných typů letadel a to po stránce technické, ekonomické a provozní náročnosti. V závěru pak bude definována vhodná oblast, kde by se tyto vybrané typy letounů daly co nejefektivněji využít.

1.1 PROBLEMATIKA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Civilní letecká doprava, tak jak ji dnes známe, má velmi širokou škálu uplatnění v nejrůznějších oblastech (kap.2). Důležitou součástí této dopravy jsou letecké práce, které hrají významnou roli v národním hospodářství. Ty se potom z části podílí na celkové ekonomice státu. Světové hospodářská krize, která se také velkou měrou promítla do letecké oblasti, zapříčinila, aby společnosti provozující tuto činnost důrazně zohledňovaly technickou a ekonomickou stránku svých provozovaných strojů. Díky tomuto pohledu a vlivem dané ekonomické situace se tyto body dostaly do popředí, kde mají velký vliv při stanovování cen poskytovaných služeb, které sehrávají velkou roli při získávání pracovních zakázek, jež jsou nezbytné pro životaschopnost leteckých společností.

Tato práce by měla ukázat, jak vhodně stanovit výběr letadlové techniky pro specifickou činnost, a nastínit, jak provést analýzu a porovnání technicko-provozních parametrů, které nám určí, zda daný typ stroje je či není pro realizaci leteckých prací a je-li schopen se prosadit na leteckém trhu.

1.2 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Tato práce má jeden hlavní a tři vedlejší cíle:

- Hlavním cílem je porovnání technicko-ekonomického provozu u vybraných typů letadel s nosnou pevnou plochou, (klasických letounů) s nosnou rotující plochou (vrtulníků) a bezpilotního prostředku za pomoci jejich zjištěných technických dat.
- Prvním vedlejším cílem je zařazení kategorie leteckých prací v civilní letecké dopravě a jejich pole působnosti, a potřebná oprávnění při vykonávání těchto služeb.
- Druhým vedlejším cílem je provedení výběru letecké techniky pro tuto specifickou činnost a zjištění jejich technických a ekonomických parametrů potřebných pro další analýzu a porovnávání.
- Třetím vedlejším cílem je definovat vhodnou oblast jejich využití z hlediska kategorie leteckých prací dle Zákona o civilním letectví.

1.3 METODIKA PRÁCE

Předtím, než jsem začal psát tuto diplomovou práci, vyhledal jsem si potřebnou, doporučenou literaturu a dostupný informační materiál k zadanému tématu. Po nastudování a vyčlenění potřebných informací jsem přistoupil k samostatnému zpracování. V první kapitole je blíže definovaná problematika, cíle a metodika práce. Druhá kapitola se zabývá rozdělením civilního letectví a stručnou charakteristikou jednotlivých skupin a její legislativou. V první podkapitole jsou blíže definovány letecké práce a jejich specifické využití v daných oblastech. V druhé podkapitole je zahrnuta legislativní stránka. Informace pro vypracování této části kapitoly jsem čerpal z různých zdrojů. Hlavním zdrojem jsou předpisy Evropské Unie EU-OPS, Nařízení komise č. 2407/1992 a Zákon o civilním letectví č. 49/1997Sb. vydaný Českou Republikou. V této části jsou zpracovány podmínky k získání licence, kterou potřebuje provozovatel k vykonávání leteckých prací. Ve třetí kapitole se věnuji samostatnému výběru letadlové techniky, ze zadaných kategorií s pevnou a rotující nosnou plochou a u bezpilotního prostředku je výběr omezen pouze na dostupné univerzitní a vojenské zdroje. Při zpracování této kapitoly jsem čerpal informace z již zmíněných dostupných materiálů, a z registrovaných letadel České, Slovenské, Polské republiky a USA. V této části je dále použit ukázkový model vývojového diagramu, který mi pomůže zúžit a zohlednit postup při obecném výběru letounů. Následující definice základních faktorů mi výrazným způsobem umožní vyčlenit konkrétní vhodnou letadlovou techniku pro požadovanou činnost leteckých prací. V následujících podkapitolách je zohledněn výběr vhodné letadlové techniky a její technický popis. Ve čtvrté kapitole definuji základní kritéria, které zohledňuji při výběru konkrétních typů letounu z již předem vyčleněné skupiny, která budou podrobeny analýze a porovnání. První podkapitola se zaměřuje na výpočet provozních nákladů, jejich základnímu rozdělení do kategorií a popisu. Dále jsou zde uvedeny vzorové příklady vzorců pro výpočet provozních nákladů fixních a variabilních, které jsou následně použity při výpočtech u konkrétních typů letounů, jež budou porovnávány. Tyto výpočty jsou zpracované v následujících třech podpodkapitolách. V páté kapitole je tabulkově a graficky znázorněna analýza a porovnání technicko-provozních parametrů zvolených letounů a poznatky vyplývající z daných výsledků. V šesté kapitole se věnuji definování vhodných oblastí využití srovnávaných letounů. Tato kapitola je rozdělena do třech podkapitol. V sedmé závěrečné kapitole jsou shrnuty výsledky mé práce.

2. CIVILNÍ LETECTVÍ

Civilní letectví můžeme rozdělit do následujících základních skupin: [1]

- 1) Obchodní letecká doprava.
- 2) Letecké práce.
- 3) Další letecké činnosti:
 - letecké činnosti pro potřebu státu
 - letecké činnosti pro vlastní potřebu
 - rekreační a sportovní létání
 - letecké veřejné vystoupení.

Stručná charakteristika jednotlivých skupin civilní letecké dopravy: [1]

Obchodní letecká doprava: zabírá největší část trhu z civilní letecké dopravy. Obchodní leteckou dopravou se rozumí přeprava osob, zvířat, zavazadel, věcí a pošty letadly za úplatu.

Letecké práce: leteckými pracemi jsou letecké činnosti, při nichž letecký provozovatel využívá letadlo k pracovní činnosti za úplatu. Leteckými pracemi se dále rozumějí vyhlídkové lety, využití letadla leteckým provozovatelem při výuce v leteckých školách a při činnostech leteckých škol.

Letecké činnosti pro potřeby státu: leteckou činností pro potřeby státu se rozumí lety uskutečňované leteckým provozovatelem za účelem přepravy - státních činitelů
- výkonu státní správy.

Letecké činnosti pro vlastní potřebu: leteckou činností pro vlastní potřebu se rozumí lety, kterými zajišťuje právnická nebo fyzická osoba podnikatelskou nebo jinou činnost.

Rekreační a sportovní létání: rekreačním a sportovním létáním se rozumí užívání letadla pro vlastní potřebu nebo potřebu jiných osob za účelem rekreace, osobní dopravy nebo sportu, které není uskutečňováno za účelem zisku.

Letecké veřejné vystoupení: letecké veřejné vystoupení lze provozovat jen se souhlasem Úřadu civilního letectví České republiky. Úřad udělí souhlas, nebude-li ohrožena bezpečnost ve vzdušném prostoru.

LETECKÉ PRÁCE

Samostatnou kategorií leteckých prací se rozumí, využívání letadla provozovatelem k pracovním činnostem za úplatu na základě povolení (ÚCL ČR), které je specifikováno ve vyhlášce č.108/1997 Sb.o živnostenském podnikání.

Tyto služby mohou být poskytovány v následujících oblastech: [2]

- V zemědělství:

Letecko-chemická činnost = ošetřování zemědělských kultur (přihnojování, postřik proti škůdcům, setí).

- V lesnictví:

Zásahy proti škůdcům, hašení lesních požárů, vápnění, kontrola a sčítání zvěře.

- V energetice:

Kontrola elektrického vedení, stavba stožárů a opravy.

- Ve stavebnictví:

Úspora času a nákladů při náročných stavebních operacích.

- V geodézii:

Letecké snímkování povrchu země.

- V geologii:

Při geologickém průzkumu – ložiska nerostů.

- Ve zdravotnictví:

Rychlá přeprava raněného nebo těžce nemocného (použití jiného prostředku obtížné, nebezpečné, pomalé).

- V leteckých školách:

Výsadkové akce, komerční využití reklamy (vlekání transparentů), výuka létání.

- Záchranné a zásobovací akce:

Živelné pohromy, těžko přístupné oblasti.

- Další uplatnění:

Fotografování, filmování, měření radiových polí, retranslace radiových signálů, kontrola čistoty ovzduší, lety pro hydrometeorologickou službu.

2.1 LEGISLATIVA

POTŘEBNÁ LICENCE

Každá fyzická nebo právnická osoba, která má zájem o založení letecké společnosti zaměřující se na letecké práce, musí splnit určité podmínky. Tyto podmínky jsou stanoveny v Zákoně o civilním letectví č.49/1997 Sb. Zákon přihlíží k zapracování evropských předpisů do legislativy České republiky.

Letecké práce spadají pod obchodní leteckou dopravu. Ta zahrnuje přepravu osob, zvířat, zavazadel, nákladu a pošty za úplatu. Obchodní letecká doprava se může vykonávat jen na základě licence vydané Úřadem civilního letectva České republiky (ÚCL ČR).

Potřebná licence (příloha č1) se vydává v souladu s nařízením č.2407/1992Sb. Evropského Společenství (ES). Podmínkou je, že žadající má sídlo a působí ve státě, kde podal žádost, a jeho hlavní náplní je letecká činnost. Ta může být rozšířena o další letecké činnosti, případně servis a údržbu letadel.

Žádost k vydání potřebné licence si podají fyzické nebo právnické osoby, jež dosáhly osmnácti let a jsou způsobilé k právním úkonům. U těchto osob se vyžaduje bezúhonnost a čistý trestný rejstřík v souvislosti s oborem letecké přepravy. Osoby, které budou trvale vést společnost, nesmí mít zrušenou nebo pozastavenou platnost licence z důvodu závažného profesního pochybení. Pro vydání potřebné licence je důležité předložit důkaz o odborné způsobilosti, středoškolské nebo vysokoškolské vzdělání ekonomického, dopravního, technického nebo právního zaměření a minimální praxi v trvání pěti let v daném oboru.

V závislosti na plnění nebo neplnění stanovených podmínek k dané licenci může ÚCL ČR rozhodnout o změně, pozastavení, nebo odebrání licence. Přesné znění podmínek o změně, pozastavení nebo zrušení licence je uvedené v příloze (příloha č2).

Licence vydaná ÚCL ČR ztrácí platnost dnem zániku právnické osoby, která licenci drží, a nebo o zániku rozhodne ÚCL ČR. [3]

3. VÝBĚR LETADLOVÉ TECHNIKY

Při výběru letadlové techniky jsem pro názorné zjednodušení sestavil ukázkový model vývojového diagramu, který mi pomůže zohlednit postup při obecném výběru vhodných letounů použitelných v segmentu leteckých prací vybraných ze tří základních skupin. První skupinou jsou letadla s pevnou nosnou plochou, druhou skupinou letadla s rotující nosnou plochou a třetí skupinou jsou bezpilotní prostředky.

Vývojový diagram obsahuje:

Kategorie letounů

L₁-Letouny s pevnou nosnou plochou (kap.3.1)

L₂-Letouny s rotující nosnou plochou (kap.3.2)

L₃-Bezpilotní letouny (kap.3.3)

- **Vstupní členy** - ozn. **L₁**, **L₂**, **L₃** jsou kategorie letounů ze kterých probíhá výběr a která byla konkrétně specifikována v zadání. Při práci s diagramem zadáváme pouze jednu kategorii letounů, než má výběr proběhnout.
- **Proměnlivé členy** - ozn. **V**, **T**, **P**, **E** jsou volitelné parametry, které nám umožní specifikovat vybírané letouny z dané kategorie na základě zvolených dat. Data mohou být určena konkrétně nebo v určitém rozmezí.
- **Shromažďovací členy** - slouží ke shromažďování nevyhovujících letounů (které neprošly zvolenými parametry), a po dokončení cyklu výběru navrácí tyto nevyhovující letouny na počátek.
- **Výstupní členy** - jsou výběrem vhodných letounů (které prošly zvolenými parametry).

Volitelné parametry - proměnlivé členy.

V-Výkonnostní parametry letounu: U kategorií **L₁**, **L₂**, **L₃** - rychlosti-maximální, cestovní, minimální (u kategorie **L₁**, **L₃** s klapkami a bez klapek), stoupavost-při maximální vzletové hmotnosti, dostup, dolet, vytrvalost (u kategorie **L₁**, **L₃** potřebné délky pro rozjezd, vzlet a přistání) a pro **L₂** - potřebnou plochu pro vzlet a přistání.

T-Technické parametry letounu: hmotnosti-maximální vzletová, minimální, užitečná, pohonná jednotka, vrtule, spotřeba, palivo, oleje, nádrže, cestující.

P-Provozní parametry letounu: náklady na provozní kapaliny, motor, vrtuli, hangár, avionika, pojištění.

E-Ekonomické parametry letounu: cena letounu, náklady spojeny s podnikáním a na potřebné licence a povolení.

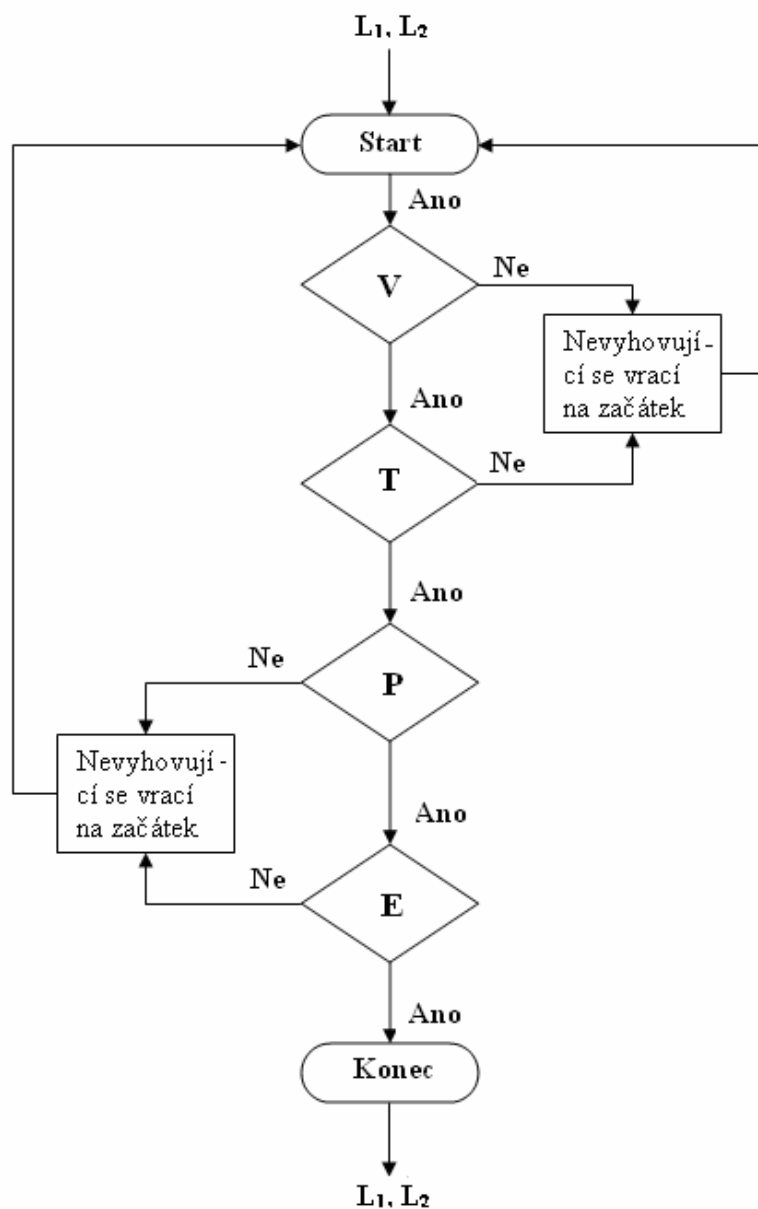
Postup při práci s vývojovým diagramem:

Názorný příklad při výběru vhodného letounu kategorie **L₁**

Představa: Jednomotorový, maximálně čtyřmístný letoun s pevným podvozkem, by neměla přesáhnout 7m dolet nad 500 km a vytrvalost více jak 3,5h, maximální vzletová hmotnost větší než 700kg. Letoun má sloužit hlavně jako výcvikový a vyhlídkový stroj, který by se měl dát samozřejmě použít k dalším účelům. Jeho předností má být IFR vybavení, jednoduchost v ovládání a ekonomický provoz.

1) Vstupní člen-kategorie **L₁**

- 2) Volitelné parametry: **V**-dolet nad 500 km, vytrvalost více jak 3,5h
T-max. vzletová hmotnost větší než 700 kg, posádka pilot+1 cestující
P-IFR vybavení, avionika
E-ekonomický provoz.
- 3) Výstupní člen-letoun Cessna 150,152. Pro víceúčelové použití byl vybrán typ **Cessna152**.



Vývojový diagram 1.

Názorný příklad při výběru vhodného letounu kategorie **L₂**

Představa: Jednomotorový, maximálně čtyřmístný lehký vrtulník. Jeho délka by neměla přesáhnout 8m. Dolet nad 600 km a vytrvalost více jak 3h. Maximální vzletová hmotnost větší než 300kg. Vrtulník má sloužit hlavně jako výcvikový a vyhlídkový letoun, který by se měl dát také použít (za pomoci nastavbových systémů) k dalším účelům v oblasti agroprůmyslu. Jeho předností má být IFR vybavení, jednoduchost v ovládání a ekonomický provoz.

- 1) Vstupní člen-kategorie **L₂**
- 2) Volitelné parametry: **V**-dolet nad 300 km, vytrvalost více jak 3h
T-max. vzletová hmotnost větší než 600 kg, posádka pilot+1 cestující
P-IFR vybavení, avionika
E-ekonomický provoz.
- 3) Výstupní člen-vrtulník Robinson R22, R44. Díky prostornější kabině byl vybrán typ **Robinson R44**.

Výběru vhodného letounu kategorie **L₃** :

Výběr vhodného letounu z této kategorie je dosti problematické. Většina vyrobených bezpilotních prostředků , byla zkonstruována za vojenským účelem a u převážné většiny se nikdy nepočítalo s využitím v civilním sektoru. Důsledkem armádního využívání bezpilotních prostředků nebylo možné v této práci uvést více typů bezpilotních letounů pro srovnání, protože jejich technická data jsou vzhledem k bezpečnosti utajována a pro veřejnost nepřístupná. Díky získání technického materiálu (z univerzitních zdrojů), o experimentálním letounu Marabu, který se má v budoucnu uplatnit jako bezpilotní prostředek v civilním sektoru, je velmi dobrým příkladem pro tuto práci a vhodným adeptem k analýze technicko-provozních parametrů.

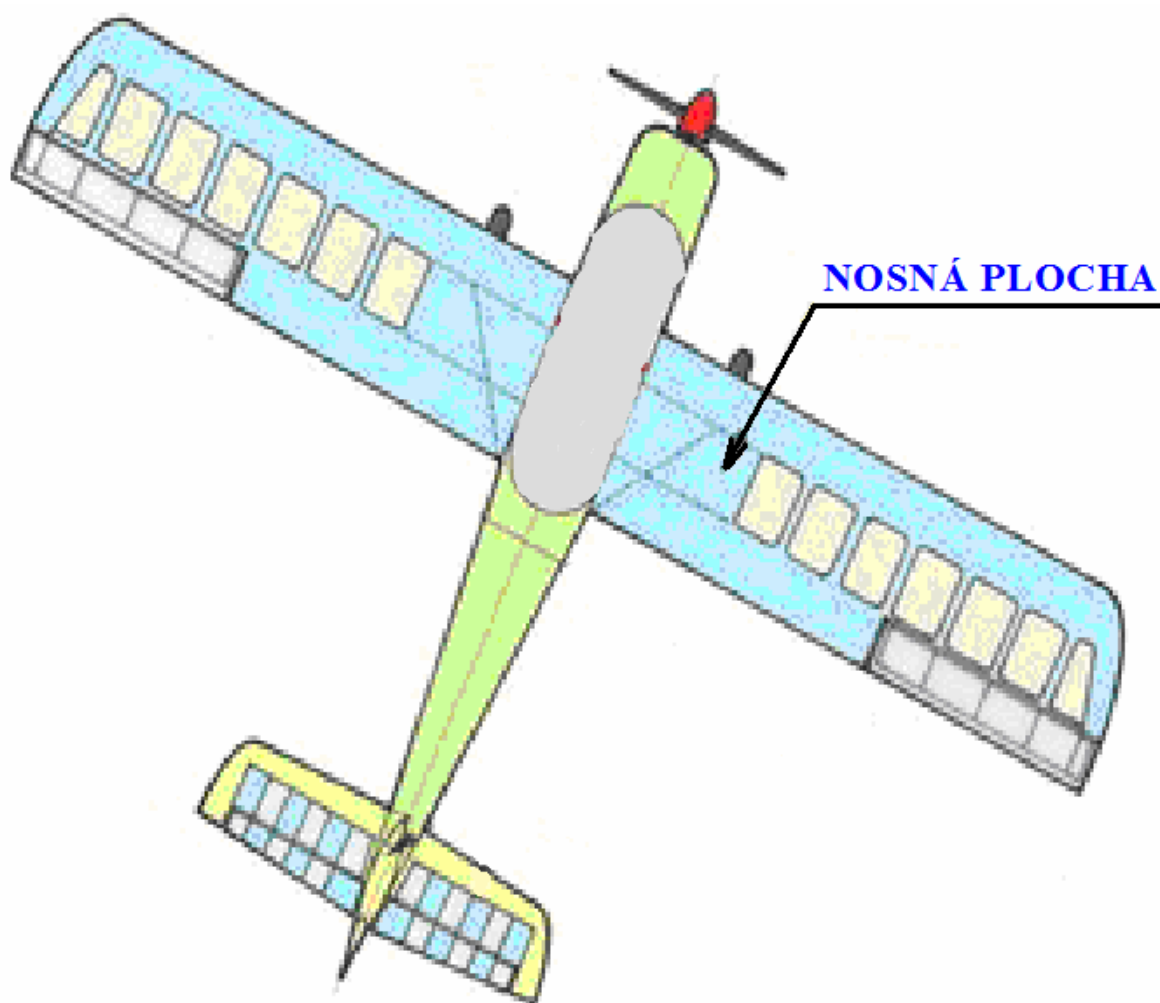
Výběr letadlové techniky určené převážně k leteckým pracím, jež mají své využití v mnoha dalších oblastech, (kap.2.1) byly voleny na základě následujících parametrů, které mají rozhodující vliv na tuto specifickou činnost.

- **Klimatické podmínky:** důležitým hlediskem při výběru letadlové techniky jsou klimatické podmínky, ve kterých bude stroj pracovat. Rozsah klimatických podmínek bude mít vliv na technické vybavení daného stroje a jeho letové vlastnosti.
(klimatické pásmo působnosti stroje, max. a min. teploty při ročních obdobích)
- **Cena a jejich dostupnost na trhu:** také cena a dostupnost na trhu má velký vliv při pořizování tohoto specifického zboží, které se samozřejmě velkou měrou projeví na konečné ceně, za kterou budou služby daného stroje poskytovány.
(cena stroje srovnatelná s konkurencí, ceny poskytované na daném trhu)
- **Konstrukce a technické vybavení:** je jedním z nejdůležitějších požadavků při prvopočátečním zájmu o jakoukoliv letadlovou techniku. Tyto základní požadavky nám nabízí k jakým specifickým operacím může být daný letoun použit a o jaké technické vybavení může být doplněn, aby mohl rozšířit svoje pole působnosti.
(hmotnosti-maximální vzletová, minimální, užitečná, pohonná jednotka, vrtule, spotřeba, palivo, nádrže, cestující)
- **Letové vlastnosti:** jsou hlavním kritériem při výběru požadovaných leteckých strojů, které nám napoví, co dotyčný letoun zvládne. Prozradí nám jaké vzdálenosti potřebuje na vzlet a přistání, jaké zatížení a nosnost zvládne. Jakou má ovladatelnost a obratnost, maximální rychlost stoupání nebo ve vodorovném letu a mnoho dalších velmi podstatných a důležitých technických parametrů, které jsou nezbytné pro vykonávání této letecké činnosti.
(rychlosti-maximální, cestovní, minimální s klapkami a bez klapek, stoupavost, při - maximální vzletové hmotnosti, dostup, dolet, vytrvalost potřebné délky pro rozjezd, vzlet, přistání).

- **Provozní náklady:** hrají v dnešní době zásadní roli při určování konečné ceny za poskytované služby daného stroje, ale také velkou mírou se tento parametr podílí na konkurenceschopnosti oproti ostatním společnostem poskytujícím podobné služby. (náklady na provozní kapaliny, motor, vrtuli, hangár, aviatiku, pojištění)
- **Autorizovaný servis:** a jeho optimální zastoupení v požadované oblasti umožní provozovateli potřebný servis, ať už se jedná o záruční, pozáruční nebo pravidelný, který určuje nebo doporučuje výrobce. Je důležitý a nepostradatelný pro bezproblémový provoz strojů a chod dané společnosti, která poskytuje tyto specifické letecké služby. (dostatečné pokrytí autorizovaných servisů v dané oblasti)

3.1 LETOUNY S PEVNOU NOSNOU PLOCHOU

Pevnou nosnou plochou letounu se rozumí křídlo pevně připojené k trupu, které nám tvoří pevnou, nosnou část letounu. Nosné plochy letounů nám vytvářejí rozhodující podíl vztlaku při letu. Vztlak vzniká obtékáním křídel vhodného aerodynamického profilu. Podle polohy nosné plochy se letouny rozdělují na dolnoplošníky, středoplošníky a hornoplošníky, podle počtu křídel na jednoplošníky a dvouplošníky a podle tvaru křídel na letouny s křídlem přímým, šípovým, delta-křídlem nebo superkritickým křídlem. [4]



Obr.1 Letoun s pevnou nosnou plochou [5]

Z kategorie letadel s pevnou nosnou plochou byly vybrány následující typy vhodné pro činnost z oboru leteckých prací:

Letouny **Cessna 152, Cessna 172, Zlín Z-37, Zlín Z-43, Brigádýr L-60S**, byly vybírány podle následujících požadavků:

- víceúčelové využití v oboru leteckých prací
- podobná charakteristika strojů obsazovaných na našem trhu
- výkonnostní parametry (rychlosti, dostup, dolet, vytrvalost atd.)
- technické parametry (hmotnosti, spotřeba, pohonná jednotka atd.)
- ekonomika provozu
- dostupný servis.

Cessna–152

Cessna 152 je civilní americký víceúčelový, dvoumístný jednomotorový letoun, který se převážně používá pro letecký výcvik a soukromé použití. Letoun byl svými konstruktéry speciálně vyvinut za účelem poskytování základního výcviku pilotů, (PPL-licence soukromého pilota letounů). Díky jednoduchosti jeho ovládání a vysoké spolehlivosti, je tento letoun využíván drtivou většinou předních leteckých škol. Je obzvlášť vhodný díky svému hornoplošnému uspořádání k pozorovacím a hlídkovým letům a díky svým modifikacím a nástavbám se používá k filmování, měření radiových polí, retranslací radiových signálů, kontrole čistoty ovzduší, letům pro hydrometeorologickou službu a k mnoha dalším specifickým úkolům z kategorie leteckých prací. Mezi uživateli je velmi oblíbený z hlediska jednoduchosti, spolehlivosti, ovladatelnosti a ekonomickému provozu.

Technický popis: [6]

Cessna 152 se vyráběla v letech 1977-1985 ve společnosti Cessna Aircraft Company se sídlem ve Wichita, Kansas v USA a v Evropě ve společnosti Remis Aviation, ve Francii. Vznik letounu s typovým označením Cessna 152, bylo celkovou modernizací úspěšného předchůdce letounu Cessna 150. Letounu Cessna 152 bylo vyrobeno celkem 7 584 kusů.

Cessna 152 je celokovový hornoplošník, jehož struktura je převážně z hliníkové slitiny a některé části, jako aerodynamické kryty a části křídel jsou z laminátu. Rám je celokovové konstrukce, aby zatížení vznikající v uložení motoru se rozložilo po celém draku letounu. Podvozek je tříkolového charakteru s předovým kolem.

Cessna 152 byla vyráběna v šesti variantách: 152, 152S, 152s, A 152 Acrobat, F 152, FA 152 Acrobat.

Stručná specifikace letounu Cessna 152:

- F 152, FA 152 Acrobat–se vyráběly pouze v Evropě, společností Remis Aviation ve Francii, proto označení F a FA.
- 152, 152S, 152s, A 152 Acrobat–se vyráběly v USA, společností Cessna Aircraft Company.
- A 152 Acrobat–se vyráběla jako jediná akrobatická verze tohoto typu v Americe.

Motor: do strojů Cessna 152 se montovaly tři typy hnacích agregátů.

Lycoming O-235 (typ 152, 152S),

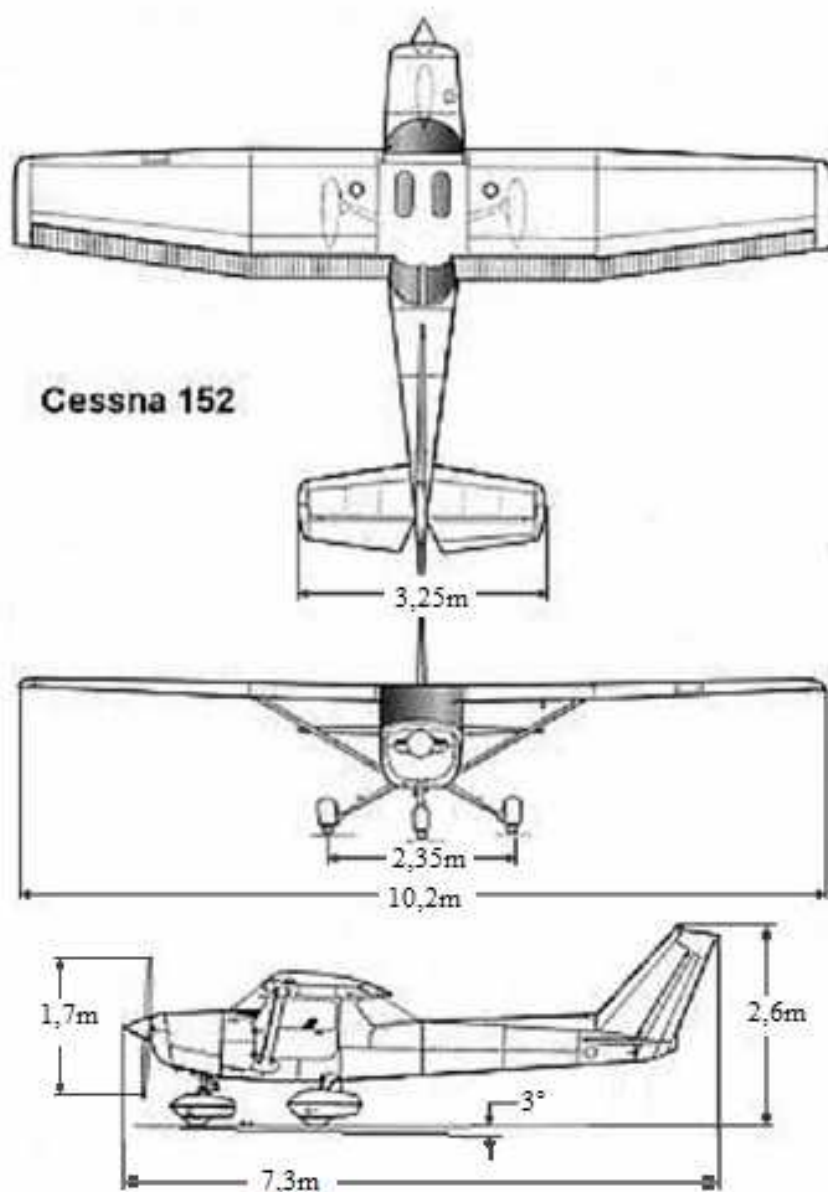
Continental O-200 nebo Rolls-Royce O-240 (152s, A 152, F 152, FA 152).

Dalším kladným bodem u těchto strojů byly jejich technicky propracované letecké motory, u kterých se pravidelné generální opravy dělaly při náletu 2400 letových hodin a u upravených motorů na větší výkon, pro akrobatické účely nebo na přání zákazníka se snížily na 2000 letových hodin.

Vrtule: u letounů Cessna 152, (Obr.3) byla použita dvoulistá pevná kompozitová vrtule s označením 1A 103/TCM 6958 o průměru 1,75 m od společnosti McCauley Accessor Division, USA.

Modifikace: slouží k vylepšení technických nebo letových vlastností daného stroje.

- STC kit, umožňuje použití automobilových paliv namísto dražších leteckých pohonných hmot
- Pomocné palivové nádrže, pro větší kapacitu paliva
- VSTOL kit, ke zvýšení maximální rychlosti a změně letových vlastností.



Obr.2 Schéma Cessny 152



Obr.3 Cessna FA 152 Acrobat [7]

Technické údaje Cessna 152

Rozpětí	10,2 m
Délka	7,3 m
Výška	2,6 m
Hmotnost prázdného letounu	503 kg
Max. vzletová hmotnost	757 kg
Rychlost-cestovní	206 km/hod
Rychlost-maximální	276 km/hod
Max. vzletový výkon	82 kW / 110 k
Obsah motoru	3.8 litrů (Lycoming O-235-L2C)
Dolet	575 km
Dostup	4500 m
Vytrvalost	3,8 hod

Letoun Cessna 152 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto letounu je jeho oblíbenost mezi uživateli v našich podmínkách, jednoduchost, spolehlivost, servisní zázemí, ekonomičnost provozu a jeho všestranné využití v kategorii leteckých prací.

Cessna 172

Cessna 172 je civilní americký víceúčelový, čtyřmístný, jednomotorový letoun, (známý pod obchodním jménem Skyhawk). Je jedním z nejoblíbenějších a nejrozšířenějších čtyřmístných jednomotorových letounů na celém světě. Letoun vyniká velmi dobrými letovými vlastnostmi, jednoduchou pilotáží a zejména vysokou spolehlivostí a ekonomickým provozem, podobně jako jeho předchůdce Cessna 152. Je obzvláště vhodný díky svému hornoplošnému uspořádání a zvýšené kapacitě místa v kabině k pozorovacím a hlídkovým letům a díky svým modifikacím a nástavbám se používá k filmování, měření radiových polí, retranslaci radiových signálů, kontrole čistoty ovzduší, letům pro hydrometeorologickou službu a k mnoha dalším specifickým úkolům z kategorie leteckých prací. Mezi uživateli je velmi oblíbený z hlediska jednoduchosti, spolehlivosti, ovladatelnosti a ekonomickému provozu.

Technický popis: [8]

Cessna 172 se vyrábí od roku 1956 až do současnosti společností Cessna Aircraft Company se sídlem v Wichite, Kansas, USA. Cessna 172 je jedena z nejúspěšnějších sériově vyráběných civilních letounů na světě. Statistiky ukazují, že těchto typů a modifikací letounu bylo vyrobeno přes 43 000 kusů a jejich výroba stále pokračuje. Cessna 172 vznikla celkovou modernizací úspěšného předchůdce letounu Cessny 170.

Cessna 172 je celokovový hornoplošník se čtyřmi sedadly v uspořádání 2+2, jehož struktura je převážně z hliníkové slitiny a některé části, jako aerodynamické kryty a části křídel jsou z laminátu. Rám je celokovové konstrukce, aby zatížení vznikající v uložení motoru se rozložilo po celém draku letounu.

Cessna 172 se vyráběla ve dvacetitřech typových variantách, ale u většiny typů byla výroba zastavena. Jen některé vyvolené modely (např. 172 Skyhawk) prošly modernizací a vyrábí se do dneška.

Do budoucna se počítá s výrobou modelů s turbo-dieselovým pohonem (172TD), a s elektrickým pohonem (172s).

Stručná specifikace letounů Cessna 172:

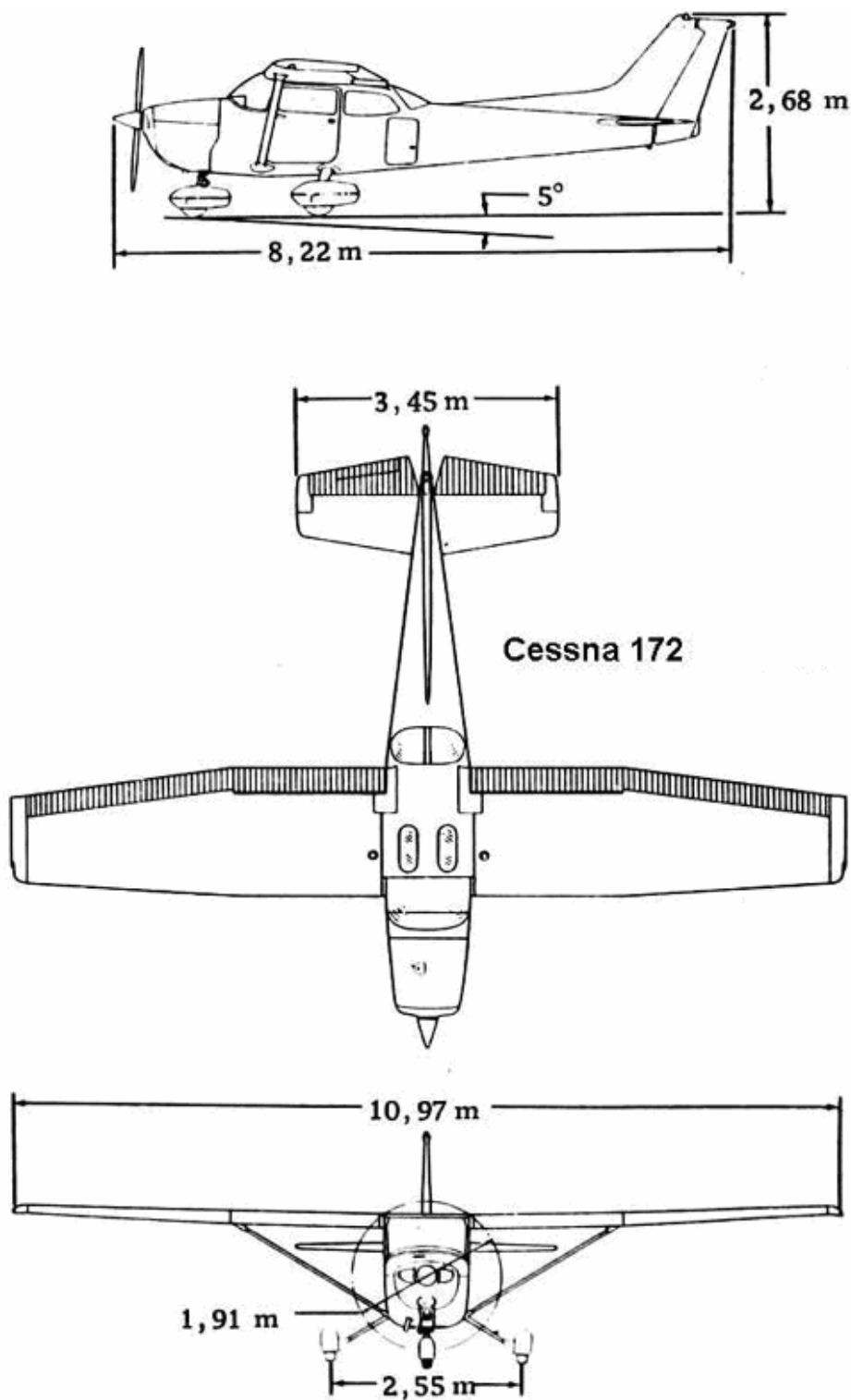
- Vyrobeny byly i speciální varianty určené pro US Army.
- Varianty letounů začínající typovým označením velkým F – se vyráběla v Evropě ve společnosti Remis Aviation ve Francii.
- Ostatní modely letounu se vyráběly ve společnosti Cessna Aircraft Company se sídlem v Wichite, Kansas, USA. Lišily se pouze v rozdílných typech motoru, jeho výkonu nebo malou technickou změnou, která se týká konstrukce letounu nebo podvozku.

Motor: do strojů Cessna 172 se montovaly následující typy hnacích agregátů. Continental O-300, GO-300E, Lycoming O-320E2D, O-320H2AD, O-320D2J, O-360-A4N, IO-360L2A, Continental O-360-F1A6, IO-360K, IO-360D.

Vrtule: u typu 172, (Obr.5) byla použita dvoulistá pevná kompozitová vrtule s označením 1C 160/DTM 7557 o průměru 188cm nebo 190 cm od společnosti McCauley Accessor Division, USA.

Modifikace: slouží k vylepšení technických nebo letových vlastností daného stroje.

- STC kit umožňuje použití automobilových paliv namísto dražších leteckých pohonných hmot
- Pomocné palivové nádrže pro větší kapacitu paliva



Obr.4 Schéma Cessny 172



Obr.5 Cessna 172 [9]

Technické údaje Cessna 172

Rozpětí	10,97 m
Délka	8,22 m
Výška	2,68 m
Hmotnost prázdného letounu	626 kg
Max. vzletová hmotnost	1043 kg
Rychlost-cestovní	237 km/hod
Rychlost-maximální	296 km/hod
Max. vzletový výkon	119 kW / 160 k
Obsah motoru	4.4 litrů (Lycoming O-320-H2AD)
Dolet	800 km
Dostup	5600 m
Vytrvalost	4,5 hod

Letoun Cessna 172 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků (pro letoun s větší kapacitou posádky) uvedených v kap. 3. Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto letounu je jeho větší kapacita posádky, než u předešlého modelu Cessna 152, dále jeho oblíbenost mezi uživateli v našich podmínkách, jednoduchost, spolehlivost, servisní zázemí, ekonomičnost provozu a jeho všestranné využití v kategorii leteckých prací.

Zlín Z - 37 (tzv.ČMELÁK)

Legendární zemědělský letoun československé výroby (vyráběný v Let Kunovice a posléze v Moravanu Otrokovice) známý pod označením ČMELÁK. Letoun měl a má velmi široké uplatnění v sektoru leteckých prací, protože byl pro tyto účely přímo navržen a zkonstruován. Snad nejznámější je jeho zemědělská verze pro aplikaci sypkých hmot a postřikových látek. Dalším jeho využitím je vlečení leteckých transparentů a větroňů. Vyráběná "nezemědělská" (resp.cvičná) verze s kabinou pro 1 nebo 2 cestující, stejně jako následně přestavěná zemědělská verze se užívá jako dopravní letoun pro osobní dopravu k vyhlídkovým letům.

Technický popis: [10]

Zlín Z - 37 se vyráběl v letech 1965 - 1984 ve společnosti Let Kunovice a Moravanu Otrokovice. Celkem bylo vyrobeno 713 kusů. Z - 37 je jednomotorový samonosný dolnoplošník s celokovovým křídlem, trupem svařeným z ocelových trubek potažených tesilovou tkaninou s polyuretanem. Podvozek ostruhového typu s širokým rozchodem a velkou výškou hlavních noh. Křídlo je třídielné. Obdélníkový centropoplán je dvounosníkový, spojený s trupem šesti závěsy. K centropoplánu jsou zavěšena lichoběžníková vnější křídla, opatřená na náběžné hraně vnějších částí pevnými sloty. Křídlo je vybaveno velmi účinnými dvoustěrbinovými vztlakovými klapkami. Maximální výchylka klapky v poloze pro přistání je 50°. Tato mechanizace křídla přispívá k velmi dobré ovladatelnosti letounu při malých rychlostech v nízkém letu a má rovněž vliv na velmi krátký vzlet a přistání.

Byla vyráběna v osmi variantách: XZ - 37, Z - 37, Z - 37A, Z - 37A - 2, XZ - 37T, Z - 37T Agro Turbo, Z - 37T - 2, Z - 137.

Stručná specifikace letounu Zlín Z - 37:

Verze:

- **XZ - 37** - První prototyp
- **Z - 37** - Letadla první produkce 1965 - 1971
- **Z - 37A** - Další produkce 1971 - 1975 a 1983 - 1984
- **Z - 37A - 2** - Dvousedadlová cvičná verze.

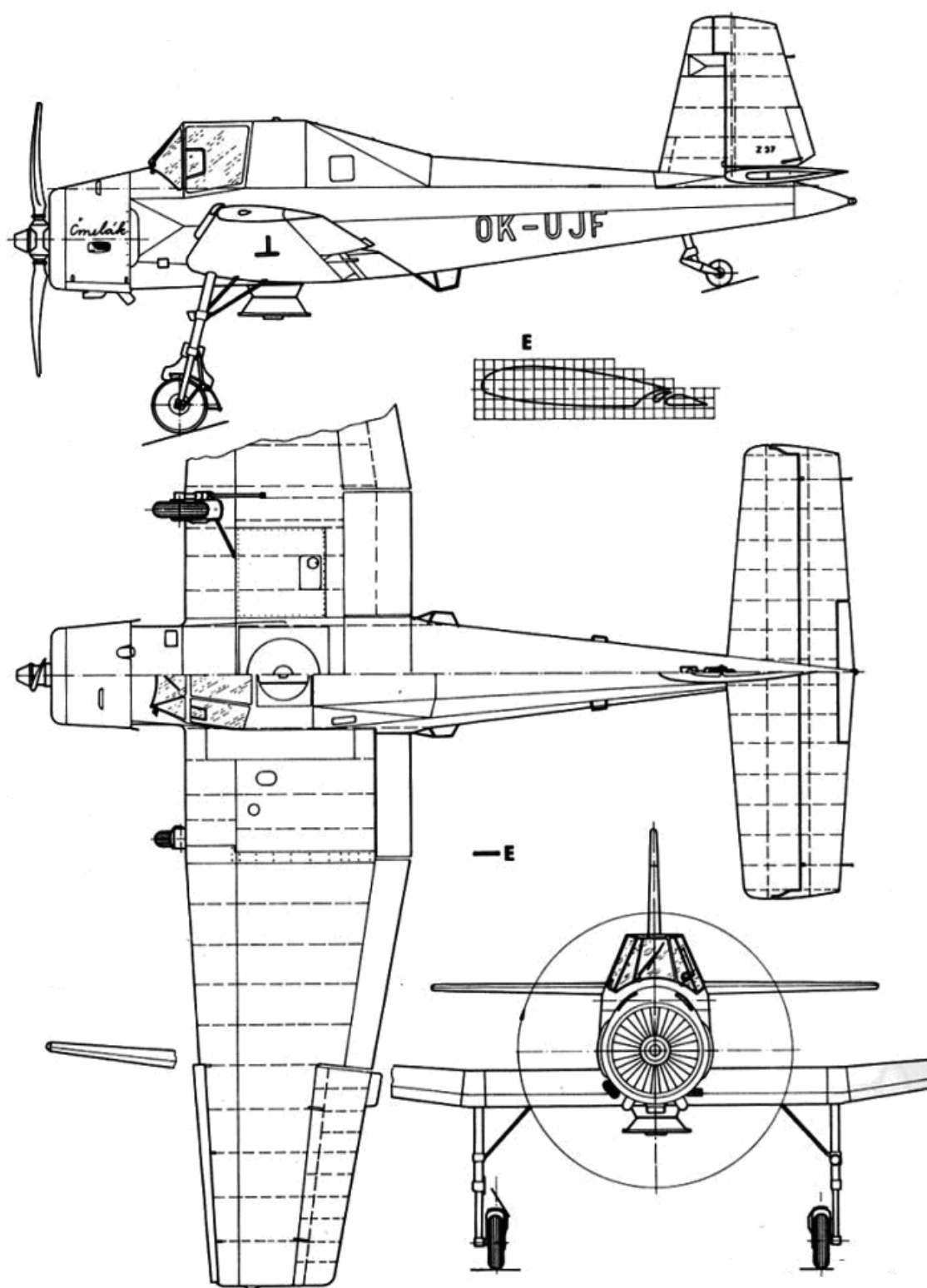
Odvozené typy:

- **XZ - 37T** - Prototyp s turbovrtulovým motorem Walter M - 601B, prodlouženým trupem, novými křídly a dalšími inovacemi, zkonstruován 1981.
- **Z - 37T Agro Turbo** - Sériová verze s motorem Walter M-601Z 1985 - 1987
- **Z - 37T - 2** - Dvousedadlová turbovrtulová cvičná verze 1985 - 1987.
- **Z - 137T** - Další modernizovaná a výkonnější verze Z - 37T Agro Turbo

Motor: do strojů Zlín Z - 37 se montovaly následující typy hnacích agregátů. hvězdicový devítiválec M - 462 RF modifikovaný AI - 14 RF, Walter M 601B, Walter M 601Z.

Vrtule: hydraulicky stavitelná dvoulistá vrtule Avia V 520 o průměru 2,7m

Modifikace: upravená verze zemědělská (cvičná), kabina pro 1 - 2 cestující nebo verze pro zemědělství upravená k přihnojování sypkými látkami nebo k ošetření postřikovými látkami.



Obr.6 Schéma Zlínu Z - 37 ČMELÁK



Obr.7 Zlín Z - 37 ČMELÁK [11]

Technické údaje Zlín Z - 37:

Rozpětí	12,22 m
Délka	8,55 m
Výška	2,9 m
Hmotnost prázdného letounu	985 kg
Max. vzletová hmotnost	1.850 kg
Rychlost-cestovní	180 km/hod
Rychlost-maximální	217 km/hod
Max. vzletový výkon	232 kW / 315 k
Obsah motoru	10.2 litrů (M 462 RF)
Dolet	640 km
Dostup	4050 m
Vytrvalost	3,5 hod

Letoun Zlína Z - 37 Čmelák jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v kap č.3. Rozhodujícím vlivem bylo to, že se jedná o letoun naší výroby, který byl přímo navržen a zkonstruován pro činnost a uplatnění v sektoru leteckých prací.

Zlín Z – 43

Letoun československé výroby Zlín Z - 43 (z Moravanu Otrokovice) navazuje na velmi úspěšnou řadu letadel značky "TRENER". Díky svým schopnostem je určen jako dvoumístný a čtyřmístný výcvikový letoun pro základní výcvik soukromého a obchodního pilota. Dále k výcviku v nočním a přístrojovém létání a také k výcviku v akrobacii. Používá se také ke sportovnímu a turistickému létání. Je velmi vhodný pro počáteční výcvik vojenských pilotů nebo k provozu v leteckých školách, ale v oblasti všeobecného letectví nemůže konkurovat jednodušší a ekonomičtější Cessně. Letoun je také vybaven vlečným zařízením pro vlečení větroňů a leteckých transparentů.

Technický popis: [12]

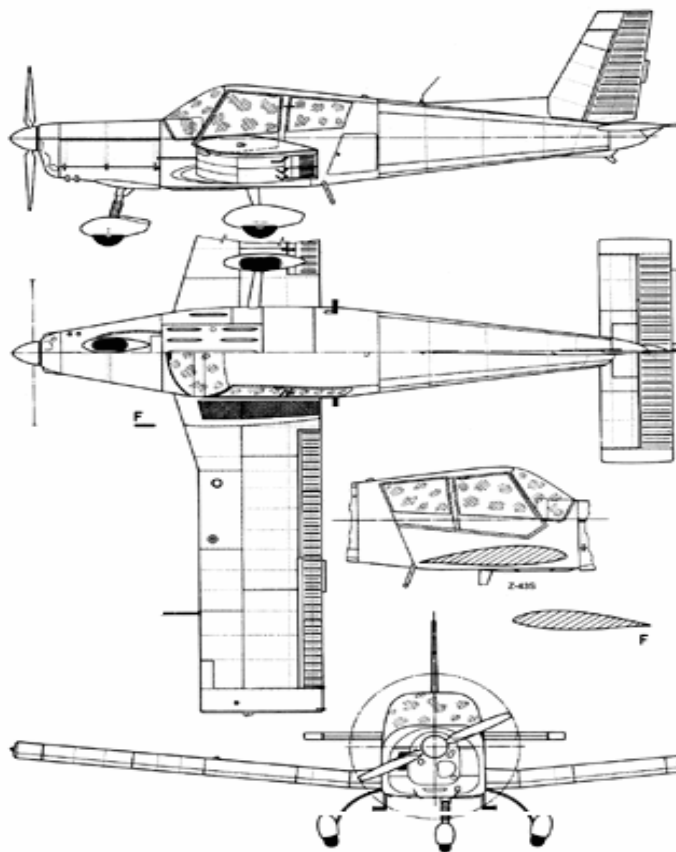
Zlín Z - 43 se vyráběl v letech 1972 - 1977 společností Moravan Otrokovice. Bylo vyrobeno celkem 80 kusů.

Zlín Z - 43 je jednomotorový, celokovový dolnoplošník s tříkolovým pevným podvozkem příďového typu. Vyrábí se ve dvoumístném nebo čtyřmístném tandemovém uspořádání.

Motor: do strojů Zlín Z - 43 se montoval následující typ hnacího agregátu - řadový invertní šestiválcový motor M 337AK.

Vrtule: kovová, dvoulistá, hydraulicky stavitelná Avia V 500A o průměru 1,95m.

Modifikace: cvičná verze pro letecké školy nebo cvičná verze pro vojenské využití.



Obr.8 Schéma Zlínu Z – 43



Obr.9 Zlín Z – 43 [13]

Technické údaje Zlín Z - 43:

Rozpětí	9,76 m
Délka	7,75 m
Výška	2,91 m
Hmotnost prázdného letounu	730 kg
Max. vzletová hmotnost	1.350 kg
Rychlost-cestovní	210 km/hod
Rychlost-maximální	235 km/hod
Max. vzletový výkon	157 kW / 210 k
Obsah motoru	5.9 litrů (Avia M 337)
Dolet	900 km
Dostup	5000 m
Vytrvalost	5 hod

Letoun Zlín Z - 43 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem bylo, že se jedná o letoun československé výroby a v našich podmínkách je velmi oblíbeným strojem pro svoje specifické vlastnosti.

Brigadýr L - 60S

Víceúčelový letoun Brigadýr L - 60S československé výroby (Aero Vodochody a Orličan Chocẽň) měl nahradit již zastaralý stroj K - 65 Čápa, byl určen pro zemědělství. Měl 300 litrovou nádrž na chemikálie, dávkovač, rozmetací zařízení. Dalšími verzemi letounu byly verze turistické, sanitní, výsadkové a dále tyto letouny sloužily k vlečení větroňů. Šedesát čtyři stroje byly použity k zemědělským pracím ve společnosti Agrolet.

Technický popis: [14]

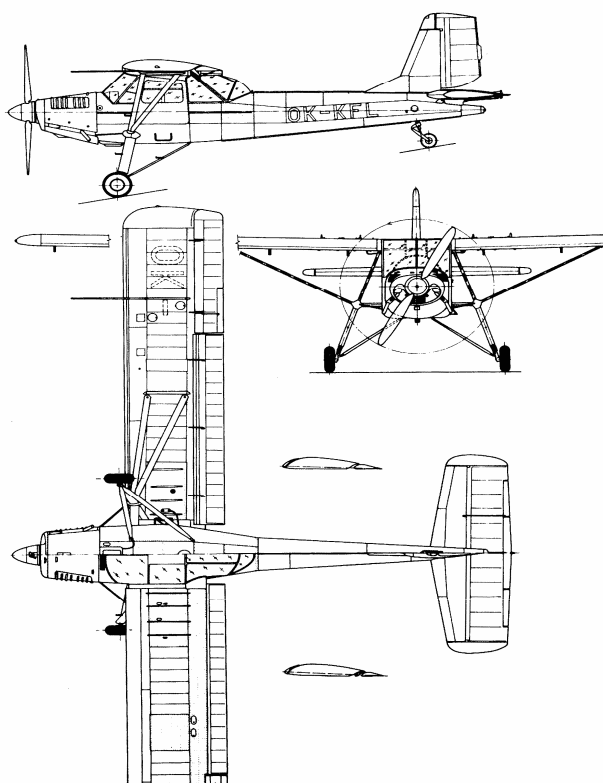
Brigadýr L - 60S se začal vyrábět v roce 1955 společností Aero Vodochody a Orličan Chocẽň. Bylo vyrobeno celkem 273kusů.

Brigadýr L - 60S je tři až čtyřmístný, jednomotorový, víceúčelový, celokovový hornoplošník s pevným podvozkem ostruhového typu.

Motor: do strojů Brigadýr L - 60S se montovaly následující typy hnacích agregátů. Argus As10C, M - 208B, hvězdicový devítiválcový motor Al - 14RA.

Vrtule: stavitelná dřevěná dvoulistá vrtule.

Modifikace: verze pro zemědělství, verze sanitní, verze výsadková.



Obr.10 Schéma Brigadýru L - 60



Obr.11 Brigadýr L - 60S [15]

Technické údaje Brigadýr L - 60S:

Rozpětí	13,96 m
Délka	8,80 m
Výška	2,84 m
Hmotnost prázdného letounu	912 kg
Max. vzletová hmotnost	1.420 kg
Rychlost-cestovní	175 km/hod
Rychlost-maximální	193 km/hod
Max. vzletový výkon	191 kW / 260 k
Obsah motoru	5.5 litrů (Argus As 10c)
Dolet	900 km
Dostup	4500 m
Vytrvalost	5 hod

Letoun Brigadýr L - 60S jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem bylo, že se jedná o letoun československé výroby, který byl přímo konstrukčně navržen pro činnost a uplatnění v sektoru leteckých prací.

3.2 LETOUNY S ROTUJÍCÍ NOSNOU PLOCHOU

Letoun s rotující nosnou plochou je vrtulník. Vrtulníkem nazýváme motorové letadlo těžší než vzduch, které má rotující nosné plochy. Jeho základní předností je schopnost svislého vzletu a přistání, ale i možnost visení, což ho předurčuje pro plnění takových úloh, kde je použití klasického letounu prakticky nemožné. Vrtulníky však mají ve srovnání s letouny, značná provozní omezení. To se týká především podstatně nižší maximální rychlosti letu, nižší stoupací rychlosti, doletu, atd. Kromě toho jsou konstrukčně náročnější a složitější.[16]

Rozdělení:

Letadla s rotujícími nosnými plochami	Bezmotorové	Rotorový kluzák
	Motorové	Kombinované s pevnou plochou (konvertaplán)
		Vírník
		Vrtulník
		Gyrodyn

Tabulka 1 Rozdělení letadel s rotujícími plochami [17]



Obr.12 Zobrazení rotující nosné části vrtulníku [18]

Hlavní důvody využití vlastností vrtulníků oproti tradičním letadlům jsou:

- malá náročnost na vzletovou a přistávací plochu
- malé rychlosti letu (takřka nulové)
- možnosti viset na místě apod.

Z kategorie letadel s rotující nosnou plochou byly vybrány následující typy vhodné pro činnost z oboru leteckých prací:

Vrtulník **Robinson R22 Beta II, Robinson R44, Mil Mi – 8, McDonnell Douglas MD 520 N, Eurocopter EC 120**, která byla vybírána podle následujících požadavků.

- víceúčelové využití v oboru leteckých prací
- podobná charakteristika strojů obsazovaných na našem trhu
- výkonnostní parametry (rychlosti, dostup, dolet, vytrvalost atd.)

- technické parametry (hmotnosti, spotřeba, pohonná jednotka atd.)
- ekonomika provozu
- servis.

Vrtulník Robinson R22 Beta II:

Robinson R22 Beta II je dvoumístný, jednomotorový, lehký víceúčelový vrtulník, vyrobený v USA. Pro svoji nízkou pořizovací cenu a nízkým provozním nákladům se Robinson R22 Beta II stal velmi oblíbeným letounem. Díky velice dobrým manévrovacím schopnostem se stal vhodným adeptem pro mnohostranné využití: letoun pro kontrolní činnosti - při dopravních situacích ve velkých městech, při katastrofách a živelných pohromách, v agroprůmyslu, při sčítání zvířat na velkých farmách v USA a v Austrálii, v armádě, u policie, při filmování, i jako výcvikový letoun. Díky vynikajícím schopnostem se stal R22 základem pro vojenský projekt Maverick Boeing (bezpilotních vzdušných dopravních vrtulníků) ve verzi Renegade.

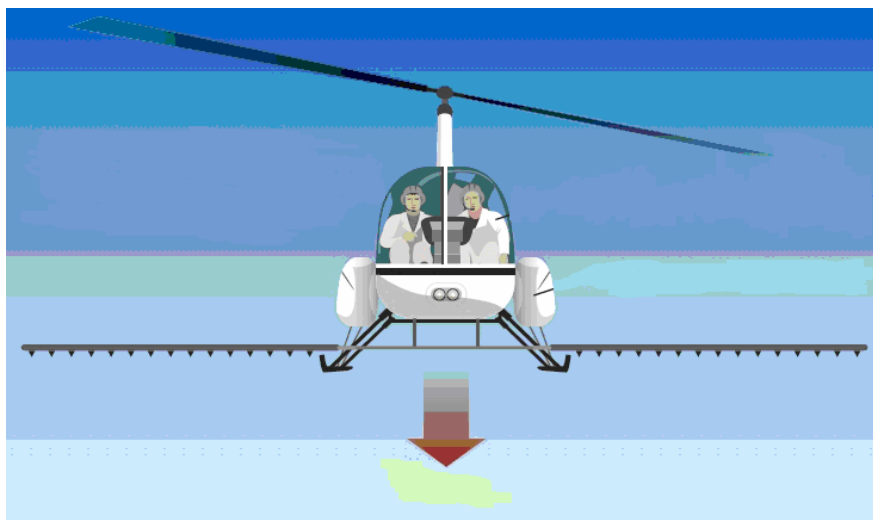
Technický popis: [19]

Robinson R22 se začal vyrábět roku 1979 společností Robinson Helicopter Company, na Torranckém letišti v Californii. Prozatím bylo vyrobeno kolem 4000 kusů. Robinson R22 je vrtulník celokovové trubkové svařované konstrukce (s použitím moderních lehkých a pevných materiálů), kdy přední části jsou vyrobeny z hliníku a laminátu.

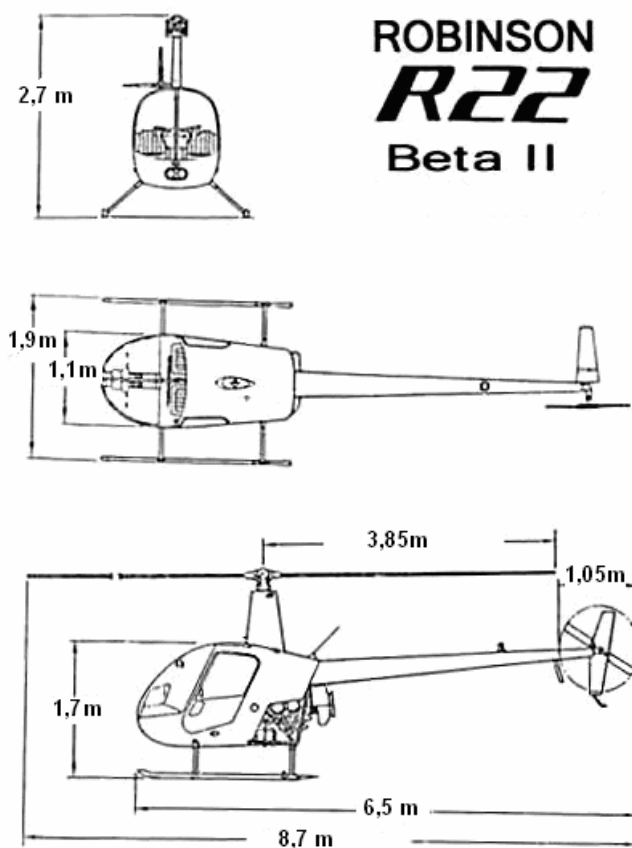
Motor: do strojů Robinson R22 se montovaly následující typy hnacích agregátů - horizontálně montované čtyřválcové, vzduchem chlazené motory Lycoming O-320 A2B, B2C, O-360-J2A na Beta II.

Rotor: má patentovanou konstrukci. Zavěšení je na třech vodorovných čepích, které vylučují potřebu svislých čepů a hydraulických tlumičů. Silnostenná náběžná hrana listů nosného rotoru z antikorozi oceli je odolná proti opotřebení.

Modifikace: verze pro agroprůmysl, policii, verze vojenská, verze výcviková (IFR)



Obr.13 Schéma postřikového systému pro Robinson R22 Beta II [20]



Obr.14 Schéma Robinsonu R22 Beta II [20]



Obr.15 Vrtulník Robinson R22 Beta II [21]



Obr.16 Kabina vrtulníku Robinson R22 Beta II [21]



Obr.17 Robinson R22 Beta II vybavený postřikovým systémem [21]

Technické parametry vrtulníku Robinson R 22 Beta II:

Průměr rotoru	7,7 m
Průměr ocasního rotoru	1,05 m
Délka	8,7 m
Výška	2,7 m
Hmotnost prázdného letounu	361 kg
Max.vzletová hmotnost	622 kg
Rychlost-cestovní	176 km/hod
Rychlost-maximální	189 km/hod
Max. vzletový výkon	93k W/124 k
Max. operační výška	4260 m
Stoupavost	7,4 m/s
Vytrvalost	3,5 h
Dolet	320 km (s přídatnými nádržemi 480 km)
Posádka	Pilot+1 pax

Vrtulník Robinson R22 Beta II jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto vrtulníku jsou jeho dobré letové vlastnosti, nízká pořizovací cena, malé provozní náklady a jeho všestranné využití v sektoru leteckých prací.

Vrtulník Robinson R44

Robinson R44 je čtyřmístný, jednomotorový, lehký, víceúčelový vrtulník, vyrobený v USA. Je oblíbený díky svým malým provozním nákladům a vynikajícím manévrovacím schopnostem. Jeho předností je velmi citlivé řízení ovládané hydraulicky, které umožňuje přesné a plynulé pohyby celého vrtulníku. Robinson R44 má stejné využití jako jeho předchůdce vrtulník Robinson R22 s tím rozdílem, že nabízí více prostoru v kabině stroje. Je proto vhodnější pro přepravu osob - aerotaxi, filmování, pilotní výcvik a vyhlídkové lety.

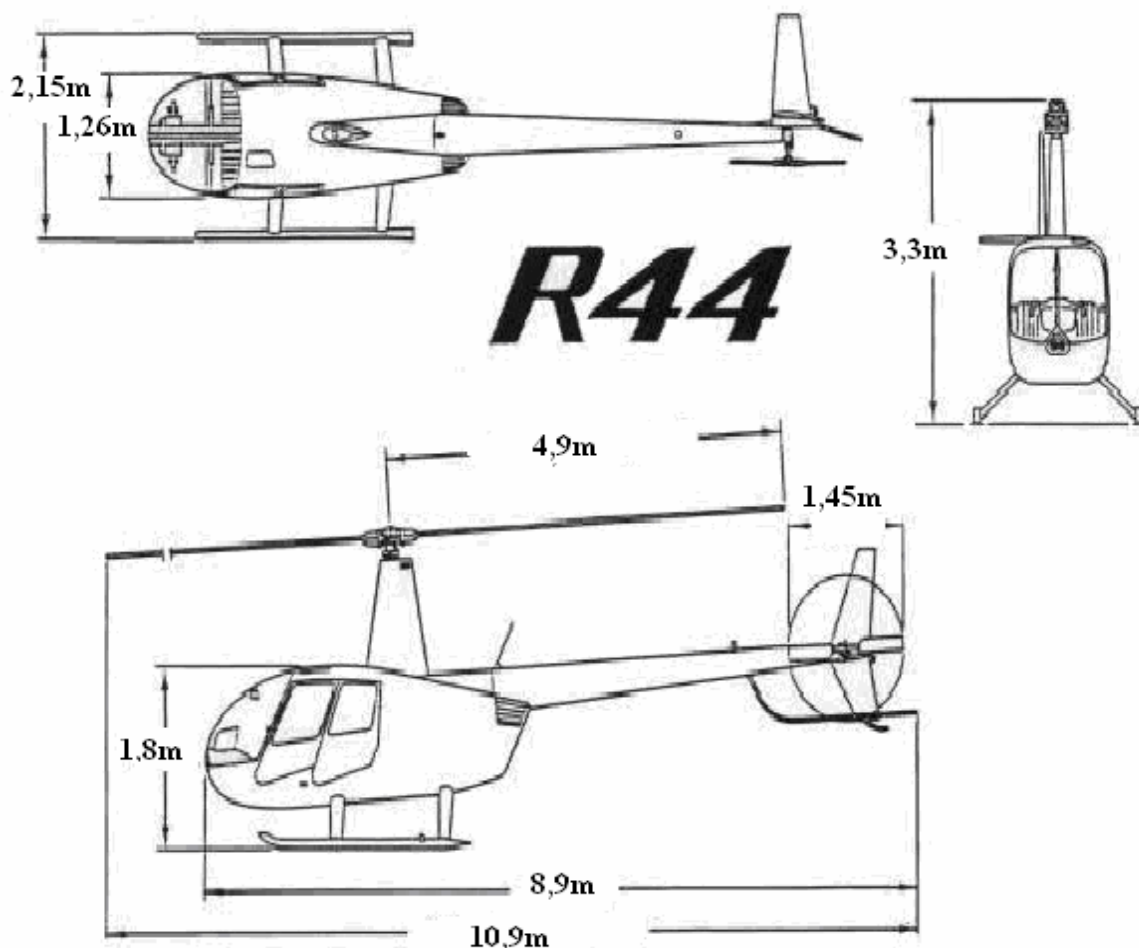
Technický popis: [22]

Robinson R44 se začal vyrábět roku 1992 společností Robinson Helicopter Company v Californii. Projekt R44 byl založen na konstrukci svého předchůdce vrtulníku Robinson R22. Robinson R44 je vrtulník celokovové trubkové svařované konstrukce (s použitím moderních lehkých a pevných materiálů), přední části jsou vyrobeny z hliníku a laminátu.

Motor: do strojů Robinson R44 se montoval následující typ hnacího agregátu. Vzduchem chlazený šestiválcový motor s protilehlými válci-Lycoming IO-540-AE1A5 s výkonem 183 kW.

Rotor: má patentovanou konstrukci. Jedná se o dvoulistý, levotočivý rotor s průměrem 10m. Silnostěnná náběžná hrana listů nosného rotoru z antikorozní oceli je odolná proti opotřebení.

Modifikace: verze pro agroprůmysl, policii a verze výcviková (IFR)



Obr.18 Schéma Robinsonu R44 [22]



Obr.19 Vrtulník Robinson R44 při práci [23]



Obr.20 Robinson R44 [23]



Obr.21 Pohled na vnitřní uspořádání kabiny [23]

Technické parametry vrtulníku Robinson R 44:

Průměr rotoru	10,1 m
Průměr ocasného rotoru	1,4 m
Délka	9 m
Výška	2,9 m
Hmotnost prázdného letounu	640 kg
Max.vzletová hmotnost	1090 kg
Rychlost-cestovní	205 km/hod
Rychlost-maximální	240 km/hod
Max. vzletový výkon	153/183 kW/204/244 k
Max. operační výška	4260 m
Stoupavost	5 m/s
Vytrvalost	3,2 h
Dolet	650 km
Posádka	Pilot+3 pax

Vrtulník Robinson R44 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto vrtulníku jsou stejné jako u jeho předchůdce Robinsonu R22 s tím rozdílem, že Robinson R44 nabízí více prostoru v kabině stroje.

Vrtulník Mil Mi-8:

Mil Mi-8 je ruský víceúčelový vrtulník střední třídy, klasického uspořádání s pětistupňovým nosným rotorem a třílistou vyrovnávací vrtulí. Typ Mil Mi-8 se stal nejrozšířenějším transportním vrtulníkem na celém světě. Dodnes slouží v mnohých armádách a civilních organizacích. Tento legendární vrtulník je schopný unést břemena do váhy 3000kg v podvěsu a 4000kg v nákladovém prostoru v trupu vrtulníku, je schopen pojmout např. osobní automobil. Výhodou vrtulníku Mil Mi-8 je operativnost v husté zástavbě při pracích nad městem.

Technický popis: [24]

Mil Mi-8 se začal vyrábět v roce 1961. Výrobcem je moskevský vrtulníkový závod M. L. Mila. Bylo vyrobeno celkem přes 13 000 kusů.

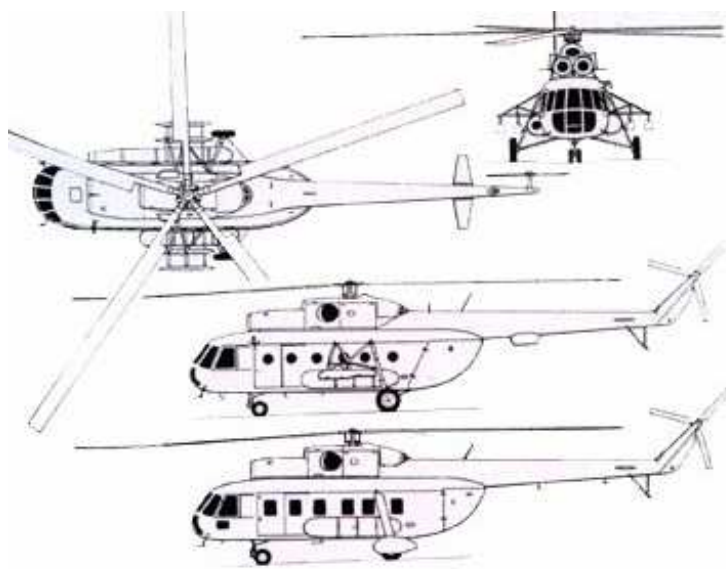
Mil Mi-8 je dvoumotorový vrtulník s jedním nosným rotorem, pro dvou až čtyřčlennou posádku a 24 až 28 sedících cestujících (případně 12 ležících), a nebo užitečný náklad. Trup je tvořen kovovou poloskořepinou s některými ocelovými částmi. Podvozek je

kolový, pevné konstrukce. Přístup do kabiny je bočními dveřmi, v zadní části se nachází nákladní rampa. Civilní verze mají na boku instalovanou pozorovatelnu.

Rotor: je pětistý, nosný, kovové konstrukce.

Modifikace: verze armádní, záchranná, soukromou, a dopravní.

Mil Mi-8T - dopravní verze určená především pro přepravu nákladu v kabině a v podvěsu. V kabině může přepravovat náklad až do 4000 kg a na vnějším závěsu pod trupem až do 3000 kg. Boční sklopná sedadla umožňují přepravu 24 osob. Tuto verzi lze upravit na sanitní vrtulník nebo pro záchranné práce. Ve vojenské verzi slouží jako výsadkový vrtulník.



Obr.22 Schéma vrtulníku Mil Mi-8



Obr.23 Vrtulník Mil Mi-8 [25]



Obr.24 Vrtulník Mil Mi-8 v akci [26]

Technické parametry vrtulníku Mil Mi-8:

Průměr rotoru	21,3 m
Průměr ocasního rotoru	2,1 m
Délka	25,33 m
Výška	4,7 m
Hmotnost prázdného letounu	7150 kg
Max. vzletová hmotnost	12000 kg
Rychlost-cestovní	220 km/h
Rychlost-maximální	250 km/h
Max. vzletový výkon	1125 kw/1500 k
Max .operační výška	4500 m
Stoupavost	5-8 m/s
Vytrvalost	3,8 h
Dolet	500 km
Posádka	2 piloti+24

Vrtulník Mil Mi-8 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto vrtulníku jsou jeho transportní vlastnosti, technické vybavení a víceúčelové použití, které se uplatní v sektoru leteckých prací.

Vrtulník MD 520 N:

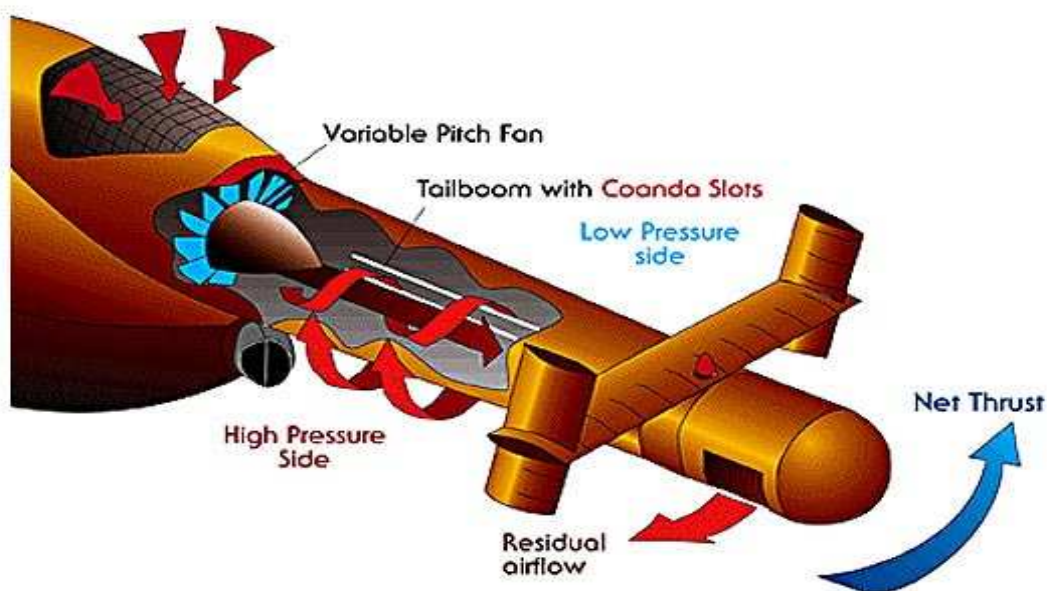
MD 520 N je lehký, jednomotorový, víceúčelový, čtyřmístný vrtulník. Tato verze je vhodná pro přepravu osob, aerotaxi, filmování, vyhlídkové, záchranné a pozorovací lety za obdobných podmínek jako vrtulník R44 s tím rozdílem, že MD 520 N nabízí více prostoru v kabině stroje. Je schopen v podvěsu přepravovat užitečnou zátěž do 700 kg.

Technický popis: [27]

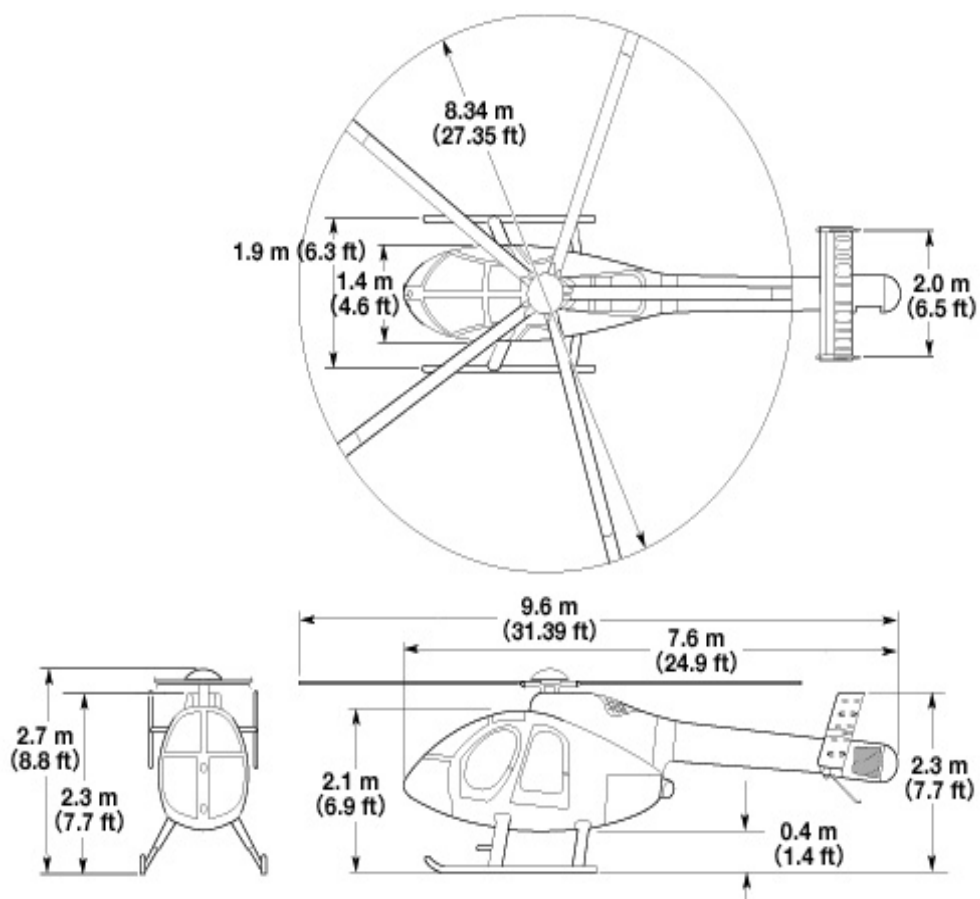
Vrtulník MD 520 N se začal vyrábět roku 1990 společností McDonnell Douglas Helicopters v USA. Díky převratnému systému Notar, který využívá, patří k nejtišším vrtulníkům na světě. Systém NOTAR nahrazuje použití ocasní vyrovnávací vrtule, která vyrovnává vznikající reakční moment od hlavního nosného rotoru. Systém využívá velkého množství nízkotlakého vzduchu, který pomocí ventilátoru uvnitř ocasní části vytváří tah proti momentu hlavního rotoru působící na trup (Obr.25).

Rotor: MD 520 N má plně kloubový pětilopátkový rotorový systém.

Modifikace: verze armádní, policejní, záchranná, soukromá a výcviková.



Obr. 25 Schéma systému NOTAR. [28]



Obr.26.Schéma vrtulníku MD 520 N



Obr.27 Vrtulník MD 520 N[23]



Obr.28 Vrtulník MD 520 N při práci[23]

Technické parametry vrtulníku MD 520 N:

Průměr rotoru	8,33 m
Průměr ocasního rotoru	0,73 m
Délka	9,78 m
Výška	2,48 m
Hmotnost prázdného letounu	724 kg
Max. vzletová hmotnost	1027 kg
Rychlost-cestovní	244 km/h
Rychlost-maximální	250 km/h
Max. vzletový výkon	280 kW/375 k
Max .operační výška	6069 m
Stoupavost	9 m/s
Vytrvalost	3,2 h
Dolet	450 km
Posádka	piloti+3

Vrtulník MD 520 N jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto vrtulníku je jeho konstrukční použití systému Notar, který díky své nízké hlučnosti lze dobře uplatnit v hustě obydlených oblastech velkých měst. Další kladnou stránkou je víceúčelové použití, které se uplatní v sektoru leteckých prací.

Vrtulník EC 120:

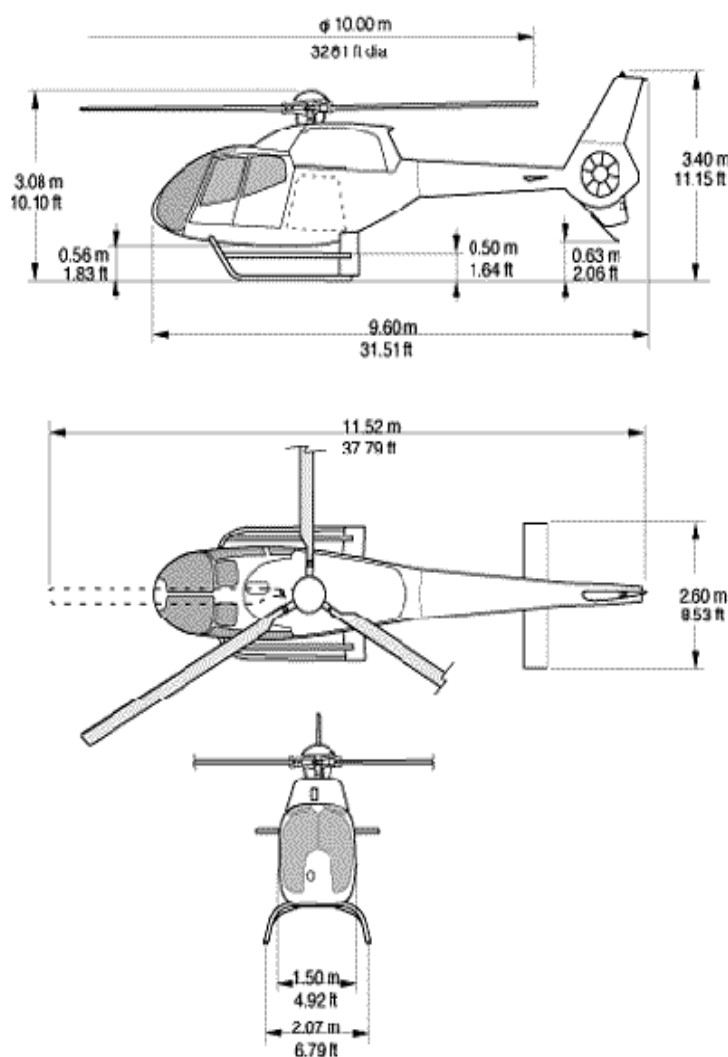
EC 120 je moderní, lehký, pětimístný, víceúčelový, jednomotorový vrtulník. Vyznačuje se velkým užitným prostorem a na první pohled rozeznatelným zadním aerodynamickým trupem s fenestron-tunelovým ventilátorem sloužící k vyrovnávání reakčních momentů od hlavního nosného rotoru. Díky této ojedinělé konstrukci je velice dobře ovladatelný.

Technický popis: [29]

Vrtulník EC 120 se začal vyrábět roku 1997. Výrobcem je partnerská společnost Eurocopter, která je složená z výrobního centra ve Francii a čínské společnosti - Technology Import a export Corporation a Singapur Technologies Aerospace.

Rotor: EC 120 má tří lopatkový systém rotoru, kterému poskytuje výkon turbohřídelový motor Turbomeca Arrius o výkonu 376 kW/504 k.

Modifikace: využívá se pro firemní VIP dopravu, soukromou, výcvikovou (IFR), policejní, armádní a záchrannou.



Obr.29 Schéma vrtulníku EC 120



Obr.30 pohled ze strany na EC 120 [30]



Obr.31 Pohled do kabiny na EC 120 [31]



Obr.32 Pohled na přístrojový panel EC 120 [32]



Obr.33 Pohled na fenestron - tunelový vyrovnávací ventilátor. [33]

Technické parametry vrtulníku EC 120:

Průměr rotoru	10 m
Průměr ocasního rotoru	0.89 m
Délka	9,6 m
Výška	3,4 m
Hmotnost prázdného letounu	991 kg
Max. vzletová hmotnost	1715 kg
Rychlost-cestovní	223 km/h
Rychlost-maximální	270 km/h
Max. vzletový výkon	376 kW/504 k
Max. operační výška	5182 m
Stoupavost	5,84 m/s
Vytrvalost	3,5 h
Dolet	600 km
Posádka	piloti+4

Vrtulník EC 120 jsem vybral na základě všeobecného výběru a splnění zvolených požadavků uvedených v (kap č.3). Rozhodujícím vlivem při volbě tohoto vrtulníku jsou jeho letové vlastnosti, technické vybavení, konstrukce a víceúčelové použití.

3.3 BEZPILOTNÍ PROSTŘEDEK

Bezpilotní prostředek: (označovaný zkratkou **UAV**–*Unmanned Aerial Vehicles* nebo **UAS** – *Unmanned Aerial systéme*, v češtině se užívá ekvivalentní zkratka **BZP-bezpilotní prostředky**) jedná se o létající stroj s vlastním pohonem, na jehož palubě se nenachází lidská posádka a který je řízen dálkově ze země nebo samočinným systémem. Pro civilní účely samozřejmě předpokládáme, že létající stroj bude mít opakovatelnou použitelnost.

O vývoj bezpilotních prostředků se dlouhá léta zajímají armády vyspělých zemí, které využívají těchto technologií k vlastním účelům. Po úspěchu těchto prostředků ve vojenských aplikacích se otevírá prostor rovněž pro jejich nasazení v civilním sektoru. Tento trend významně brzdí neexistence legislativní báze pro jejich návrh a provozování.

Civilní využití UAV patří k moderním trendům ve světě. Díky získání technického materiálu o experimentální letoun Marabu, který se má v budoucnu uplatnit jako bezpilotní prostředek v civilním sektoru, je velmi dobrým příkladem pro tuto práci.

Důsledkem armádního využívání UAV nebylo možné uvést v této části práce více typů UAV pro srovnání, protože jejich technická data jsou vzhledem k bezpečnosti nepřístupná.

Civilní využití bezpilotního prostředku nám otvírá úplně novou dimenzi možných řešení konkrétních leteckých úkolů, které jsou složitě nebo velmi nákladně řešeny dosavadními prostředky. UAV nám umožňují plnit letecké úkoly daleko efektivněji, bezpečněji a rychleji než dosavadní klasické letouny. Proto byly do této práce zahrnuty bezpilotní prostředky, abychom mohli provést vhodná porovnání s klasickými letouny

Experimentální letoun Marabu:

Letoun Marabu je určen k experimentálnímu ověřování vybavení pro bezpilotní letouny. Důvodem tohoto testování je vznikající legislativa, která má umožnit vývoj a provoz civilních bezpilotních prostředků.

Jeho základem je návrh experimentálního letounu, který bude zpočátku létat jako pilotovaný. Po ověření základní aerodynamické koncepce a výkonů letounu do něj budou postupně integrovány prvky vybavení pro bezpilotní letouny. Bude tak možné krok za krokem bezpečně přecházet z konvenčního pilotovaného letadla na letoun provozovaný jako bezpilotní. Vždy přitom bude k dispozici pilot, který v případě potřeby plně převezme kontrolu nad letounem. Navrhovaný letoun je současně řešením legislativních bariér, které v současnosti neumožňují provozování bezpilotních prostředků pro civilní aplikace.

Základní požadavky na nový letoun:

- Koncepce letounu umožňující montáž senzorů v přední trupu (nerušený výhled do přední polosféry), velká výdrž, maximální vzletová hmotnost 600kg, konstrukce umožňující snadnou integraci perspektivních systémů UAV.

- Finální konstrukce letounu má tlačné uspořádání pohonné jednotky, celokompozitový trup, celokovové křídlo včetně centroplánu a celokovové ocasní plochy.
- Jak samotná konstrukce trupu, tak návrh soustav letounu umožňují postupnou integraci a testování vybavení vyvíjeného pro bezpilotní prostředky. Tato opatření zahrnují zejména návrh soustav, které umožní pozdější připojení pokročilých elektronických systémů ovládání.[34]
- Důležitým bodem je technické zabezpečení (dosah, zabezpečení proti zneužití, ochrana proti rušení a zkreslování informací, atd.), u používaného autonomního systému pro ovládání letounu

Trup letounu je vyrobený z kompozitních materiálů, letoun má celokovové křídlo a vodorovnou ocasní plochu. Pohon letounu zajišťuje pístový motor s vrtulí v tlačném uspořádání. Mimo této pohonné jednotky je na letounu nainstalován i malý proudový motor umístěný asymetricky nad levou polovinou křídla. Tlačné uspořádání pohonné jednotky, umožňuje montáž senzorů a dalšího vybavení v předí letounu (s nerušeným výhledem do přední polosféry). Letoun dále disponuje velkým množstvím paliva zajišťující výdrž až 7 hodin letu. [35]



Obr. 34 Experimentální letoun Marabu [36]

Technické parametry experimentálního bezpilotního prostředku Marabu:

Rozpětí	9,9 m
Délka	8,1 m
Výška	2,4 m
Hmotnost prázdného letounu	380 kg
Max. vzletová hmotnost	600 kg
Rychlost-maximální	260 km/h
Dostup	8000 m
Dolet	1530 km
Vytrvalost	7 hodin

Bezpilotní letoun Marabu jsem vybral na základě získání potřebných technických dat o bezpilotním prostředku (z univerzitních zdrojů), která jsou potřebná pro zpracování této práce.

4. VÝBĚR POROVNÁVANÝCH TYPŮ LETOUNŮ

Při výběru konkrétních typů letounu určených k analýze a porovnání jsem (z kap č.3.1, č 3.2, č 3.3) vyčlenil pomocí zvolených kritérií (**počet posádky, maximální vzletová hmotnost, dolet a vytrvalost**) tři letouny, které budou následně porovnávány. Postup je volen na základě specifických požadavků, aby vybrané letouny měly podobné letové vlastnosti. Velký důraz je kladen na důvěryhodnost poskytnutých informací nezbytných k následující analýze.

Základní kritéria výběru letounů pro následující analýzu a porovnání.

Základní kritéria: **počet posádky, maximální vzletová hmotnost, dolet a vytrvalost**

Výběrem prošly následující typy letounu: letoun **Cessna 152**, vrtulník **Robinson R22 Beta II** a bezpilotní prostředek **Marabu**.

Typy:	Posádka	MTOW	Dolet	Vytrvalost
Cessna 152	Pilot+1.pax.	757 kg	575 km	3,8 h
Robinson R22 Beta II	Pilot+1.pax.	622 kg	480 km	3,5 h
Marabu	0.pax	600 kg	1530 km	7 h

Tabulka 2 Základní kritéria výběru

Pro následující analýzu a porovnání byly vybrány tři letouny, které mají podobná výběrová kritéria (viz Tabulka č. 2). Další podmínkou bylo víceúčelové využití letounů, které samozřejmě vybrané typy splňují.

4.1 VÝPOČET PROVOZNÍCH NÁKLADŮ

Provozní náklady letounů se dělí do dvou základních kategorií:

Přímé provozní náklady – jsou náklady spojené s provozem letounu. Patří sem jak položky, které jsou **fixní** (odpisy, sezónní údržba, režie údržby, fixní plat posádek apod.) a nejsou závislé na odlétaných hodinách, tak položky **variabilní** (náklady na palivo, náklady na údržbu, letištní poplatky, variabilní část platu posádek apod.), které se přímo vztahují k provozu a jejich výše je závislá na odlétaných hodinách nebo cyklech.

Poznámky:

Odpisy letounu patří do 2. odpisové skupiny – tzn. doba odpisů je 5 let a to 1. rok 11% a další 4 roky 22,25%. Pro výpočet nákladů je počítáno s hodnotou 22,25%.

Sezónní údržba – zde patří údržba, která se uskutečňuje s ohledem na provoz letounu ve stanoveném ročním období. Vzhledem ke kategorii letounu (Marabu), náklady na tuto činnost neuvažujeme. U letounů Cessna 152, Robinson R22 Beta II si údržbu bude provozovatel zajišťovat ve vlastní režii.

Režie údržby – předpokládá se, že provozovatel si bude ve vlastní režii zajišťovat údržbu draku, motoru a vrtule (s výjimkou strukturálních prohlídek motoru a vrtule, které provádí výrobce nebo servisní organizace).

Pojištění – podle 2. odpisové skupiny, která se vztahuje na lety provozované z/do/uvnitř EU, je požadováno pojištění letounů vůči:

- Cestujícím, zavazadlům a nákladu: u letounu Marabu vzhledem k plánované činnosti toto neaplikujeme. U ostatních letounů (Cessna 152 a Robinson R22 Beta II), ano.
- Třetím osobám-toto je aplikováno ve výši plnění 1,5 mil. SDR (pro letouny s MTOW 500 – 1000 kg).

Nepřímé provozní náklady - jsou náklady, které nejsou přímo spojeny se samotným provozem, ale potřebné z důvodu celkové činnosti (náklady na pozemní vybavení, náklady na administrativu, náklady na palubní vybavení, užitečný náklad, náklady na reklamu apod.).

VZORCE PRO VÝPOČET PŘÍMÝCH PROVOZNÍCH NÁKLADŮ:

Přímé provozní náklady fixní:

- **Odpisy:** odpisová skupina 2. Doba odpisu 5 let (1. rok 11%, další roky 22,25%) - ve výpočtu použito 22,25%
(pro letouny Cessna 152, Robinson R22 Beta II, UAV Marabu)

$$\text{Odpis (měs.)} = (\text{cena letounu} * 0,2225) / 12 = [\text{CZK/měs}]$$

$$\text{Odpis (lh)} = ((\text{cena letounu} * 0,2225) / 12) / \text{počet letových hodin(měs.)} \\ = [\text{CZK/lh}]$$

- Sezónní údržba:

0 CZK (zahrnuto v proměnných nákladech), pro letoun Cessna 152

0 CZK (zahrnuto v proměnných nákladech), pro letoun Robinson R22 Beta II

0 CZK (nebylo bráno v úvahu), pro letoun Marabu

- Režie údržby:

0 CZK (zahrnuto v proměnných nákladech), pro letoun Cessna 152

0 CZK (zahrnuto v proměnných nákladech), pro letoun Robinson R22 Beta II

0 CZK (Zahrnuto v proměnných nákladech), pro letoun Marabu

- Pojištění:

Pojištění (lh) = pojištění(měs.) / počet letových hodin = [CZK/lh]

- Fixní část platu posádek:

Fixní část platu posádek (měs.) = počet členů posádek * fixní část platu posádek = [CZK/měs]

Fixní část platu posádek (lh) = (počet členů posádek * fixní část platu posádek) / počet letových hodin = [CZK/lh]

Přímé provozní náklady variabilní:

- Palivo:

Palivo (měs.) = počet letových hodin(měs.) * spotřeba(Vcest) * cena paliva = [CZK/měs]

Palivo (lh) = (počet letových hodin(měs.) * spotřeba(Vcest) * cena paliva) / počet letových hodin(měs.) = [CZK/lh]

- Údržba podle nalétaných hodin/cyklů:

Motor:

Náklady (měs.) = náklady (lh) * počet letových hodin(měs.) = [CZK/měs]

náklady (lh) = náklady (olej, filtry / počet letových hodin) + (svíčky / počet letových hodin)+další náklady(lh)+((cena motoru (EUR nebo USD) * kurz (CZK)) / (životnost motoru(lh))) = [CZK/lh]

vrtule:

náklady (měs.) = náklady(lh) * počet letových hodin(měs.) = [CZK/měs]

náklady (lh) = (50h prohlídka + 100h prohlídka) / 100 = [CZK/lh]

drak:

náklady (měs.) = náklady(lh) * počet letových hodin(měs.) = [CZK/měs]

- Letištní poplatky:

Náklady (měs.) = přistávací poplatky * počet letových hodin, cyklů(měs.) = [CZK/měs]

Náklady (lh) = náklady(měs.) / počet letových hodin(měs.) = [CZK/lh]

- Poplatky ATS:

Náklady (lh) = náklady na ATS (měs.) / počet letových hodin(měs.) = [CZK/lh]

0 CZK (Není aplikováno v kategorii bezpilotních letounů),- pro letoun Marabu

- Variabilní část platu posádek:

Variabilní část platu posádek(měs.) = počet letových hodin(měs.) * plat-
variabilní část = [CZK/měs]

- Handling:

Náklady (lh) = náklady(měs.) / počet letových hodin(měs.) = [CZK/lh]

0 CZK Není aplikováno v kategorii bezpilotních letounů - pro letoun Marabu

Přímé provozní náklady celkem:

- Celkem (měs.) = Odpisy + Sezónní údržba + Režie údržby + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motoru + Údržba vrtule + Údržba draku + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = [CZK]

- Celkem (lh) = Odpisy + Sezónní údržba + Režie údržby + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motoru + Údržba vrtule + Údržba draku + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Proměnlivá část platu posádek + Poplatky za handling = [CZK]

4.1.1 PROVOZNÍ NÁKLADY LETOUNU CESSNA 152

Ze skupiny letounů s pevnou nosnou plochou (klasických letounů) byl vybrán víceúčelový, dvoumístný, jednomotorový letoun Cessna 152, který splnil vstupní kritéria (kap.4), a díky oblíbenosti, jednoduchému ovládání a ekonomickému provozu je Cessna 152 vhodným adeptem pro porovnání a analýzu.



Obr.35 Cessna 152 [23]

VSTUPNÍ PARAMETRY LETOUNU CESSNA 152

Při výpočtech provozních nákladů byly použity následující vstupní parametry:

Letoun:

- **Cena letounu** - 1,5 mil. CZK. orientační vstupní hodnota pro výpočet
- **MTOW** - max. vzletová hmotnost – 757 kg, (MTOW do 1000 kg)
- **Motor** - Lycoming O-235 – L2C
- **Vrtule** - McCauley 1A 103/TCM 6958 o průměru 1,75m
- **Cestovní rychlost Lycoming** – 206 km/h (pro výšku 1850 m, při 75% výkonu)
- **Spotřeba Lycomingu při cestovní rychlosti** – 24 l/h (neuvažuje se odlišná spotřeba u vzletu a přistání – vzlet vyšší, přistání nižší, % doby je vzhledem k celkové letové době zanedbatelné).

Palivo: (paliva pro OLD, letecké práce – osvobozena od spotřební daně)

- **Cena paliva AVGAS 100LL** – 58,56 CZK/l, (**44,85 CZK** bez spotřební daně), (k 22.05.2011) [37]

Provoz:

- **Počet letových dní/rok** - 150 (odhad možných letových dní za kalendářní rok pro lety VFR)
- **Počet cyklů za den** - 2 (odhad počtu letových cyklů – tj. start + přistání za letový den)
- **Počet letových hodin/cyklus** - 4 (odhad délky trati jednoho letu)
- **Počet letových hodin/měsíc** – 100h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot)

- Počet letových cyklů/měsíc – 25h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot)

Poplatky:

- Typ letištních ploch – veškeré (předpoklad, že provoz letounu nebude omezen pro některé typy/druhy letišť)
- Přistávací poplatky – 150 CZK/t MTOW (orientační hodnota – bez zohlednění vyšších poplatků u “velkých“ mezinárodních letišť)
- Parkovací poplatky – 7 CZK/ den (LKTB–parkovací plocha)
- Přiblížovací poplatky – 30 CZK (předpokládá se využití neřízených letišť)
- Přeletové poplatky – 150 CZK (pro letouny do MTOW 2000kg)
- Poplatky ATS – 1200 CZK/měs (orientační hodnota, při provozu letounu stejné kategorie za měsíc. Hodnota se mění podle potřeb a požadavků v komunikaci)

Pojistné:

- Vůči 3. osobám – 663 CZK/měs (povinné pojistné vůči třetím osobám – následky při provozu letadlové techniky)

Náklady na handling:

- Tankování LPH, manipulace, hangarování, kotvení:
 - 4000 CZK/měs (orientační hodnota, při provozu letounu stejné kategorie za měsíc. Hodnota se mění podle potřeb a požadavků)

Posádka:

- Počet 3 (předpokládaný počet personálu – držitelů pilotní licence CPL(A), pro provoz v uvažovaném rozsahu)
 - plat – fixní část – 15 000 CZK/měs
 - plat – variabilní část – 700 CZK/lh
- (odhad vycházející z počtu odlétaných hodin)

Údržba motoru LYCOMING O - 235:

- Olej, filtry – 3000 CZK/100lh (náklady na výměnu olejů a filtrů po 100 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace)
- Svíčky – 5000 CZK/200lh (náklady na výměnu svíček po 200 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace)

- | | |
|----------------------|---|
| - Další náklady | - 90 CZK/lh (odhad neplánované údržby při závadě, která se zvyšuje stářím motoru) |
| - Cena nového motoru | - 50 000 USD [38] |
| - Životnost motoru | - 2400 h |

Údržba vrtule: (autorizovaný servis)

- | | |
|--------------------|---|
| - 50h prohlídka | - 1200 CZK |
| - 100h prohlídka | - 2800 CZK |
| - Cena vrtule | - 180 000 CZK |
| - Životnost vrtule | - neomezená – dle stavu (výměna potřebných součástek během prohlídek) |

Údržba draku:

- | | |
|-------------------------|---|
| - Odhad na údržbu draku | - 80 CZK/lh (přibližná cena, nutno upřesnit výrobcem Cessna Aircraft Company) |
| - Ostatní: - Kurz | - 1 USD = 20,26 CZK (k 22.05.2012) |

Přímé provozní náklady – Lycoming

Stanovení přímých provozních nákladů pro provoz s motorem Lycoming O – 235:

Přímé provozní náklady fixní:

- **Odpisy – 27 813 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **278 CZK/lh**) – Odpisová skupina 2 – doba odpisu 5 let (1. rok 11%, a další roky 22,25%) – ve výpočtu bylo použito 22,25%

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (měsíc.)} &= (\text{cena letounu} * 0,2225) / 12 = \\ &= (1500\,000 * 0,2225) / 12 = \\ &= \underline{\underline{27\,813\,CZK/měs}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (lh)} &= ((\text{cena letounu} * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &= ((1500\,000 * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{278\,CZK/lh}}\end{aligned}$$

- **Sezóní údržba - 0 CZK** (zahrnuto v proměnných nákladech)

- **Režie údržby - 0 CZK** (Zahrnuto v proměnných nákladech)

- **Pojištění - 663 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **7 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Pojištění (lh)} &= \text{pojištění (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 663 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{7\,CZK/h}}\end{aligned}$$

- **Fixní část platu posádek 45 000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **450 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek} \\ &= 3 * 15\,000 = \\ &= \underline{\underline{45\,000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (lh)} &= (\text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek}) \\ &\quad / \text{počet letových hodin} = \\ &= (3 * 15\,000) / 100 = \\ &= \underline{\underline{450 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

Přímé provozní náklady variabilní:

- **Palivo – 107 640 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **1076 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Palivo (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva} \\ &= 100 * 24 * 44,48 = \\ &= \underline{\underline{107\,640 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Palivo (lh)} &= (\text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva} / \text{počet} \\ &\quad \text{letových hodin (měs.)}) = \\ &= (100 * 24 * 44,48) / 100 = \\ &= \underline{\underline{\approx 1076 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Údržba podle nalétaných hodin/cyklů:**

- **motor 56708 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **567 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 496 * 100 = \\ &= \underline{\underline{56\,708 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= (\text{olej, filtry} / \text{počet letových hodin}) + (\text{svíčky} / \text{počet letových} \\ &\quad \text{hodin}) + \text{další náklady (lh)} + ((\text{cena motoru (USD)} * \text{kurz (CZK)}) / \text{životnost} \\ &\quad \text{motoru (lh)}) = (3000 / 100) + (5000 / 200) + 90 + ((50\,000 * 20,26) / 2400) = \\ &= \underline{\underline{\approx 567 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **vrtule 4000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **40 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 40 * 100 = \\ &= \underline{\underline{\approx 4000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= (50\text{h prohlídka} + 100\text{h prohlídka}) / 100 = \\ &= (1200 + 2800) / 100 = \\ &= \underline{\underline{\approx 40 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **drak 8000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **80 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 80 * 100 = \\ &= \underline{\underline{8000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

- Letištní poplatky 7675 CZK/ měs (náklady na letovou hodinu 77 CZK/lh)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{přistávací poplatky} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 307 * 25 = \\ &= \underline{\underline{7675 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 7675 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{77 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- Poplatky ATS- 1200 CZK/měs (náklady na letovou hodinu 12 CZK/lh)

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 1200 / 100 = \\ &= \underline{\underline{12 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- Variabilní část poplatku posádek – 70 000 CZK/měs (náklady na letovou hodinu 700 CZK/lh)

$$\begin{aligned}\text{Variabilní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{plat – variabilní část (CZK/lh)} = \\ &= 100 * 700 = \\ &= \underline{\underline{70\,000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

- Handling - 4000 CZK/měs (náklady na letovou hodinu 40 CZK/lh)

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 4000 / 100 = \\ &= \underline{\underline{40 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

Přímé provozní náklady – Lycoming O- 235 celkem:

Celkem (měs.) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 27 813 + 663 + 45 000 + 107 640 + 56 708 + 4000 + 8000 + 7675 + 1200 + 70 000 + 4000 = **332 699 CZK**

Celkem (lh) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 278 + 7 + 450 + 1076 + 567 + 40 + 80 + 77 + 12 + 700 + 40 = **3327 CZK**

Na základě stanovených vstupních parametrů byl proveden výpočet předpokládaných provozních nákladů letounů Cessna 152 a byly získány následující hodnoty:

Lycoming O - 235

Přímé provozní náklady fixní	náklady/měs	náklady/lh
	73 476 CZK	735 CZK
Přímé provozní náklady variabilní	náklady/měs	náklady/lh
	259 223 CZK	2592 CZK
Přímé provozní náklady celkem (zaokrouhleno)	náklady/měs	náklady/lh
	332 tis CZK	3,32 tis CZK

Tabulka 3 Shrnutí vypočítaných provozních nákladu pro letoun Cessna 152

Vypočítané provozní náklady letounu Cessna 152 dosáhly ve své kategorii hodnot, které tímto tento letoun předurčují pro leteckou činnost, jež klade velký důraz na ekonomiku provozu. Je vhodným adeptem pro výcvikovou, soukromou přepravu nebo pro konkrétní letecké práce.

4.1.2 PROVOZNÍ NÁKLADY VRTULNÍKU ROBINSON R22 BETA II:

Ze skupiny letounů s rotující nosnou plochou byl vybrán víceúčelový lehký dvoumístný vrtulník Robinson R22 BETA II s vynikajícími manévrovacími schopnostmi. Citlivé hydraulické řízení umožňuje velmi přesné a plynulé pohyby, proto umožňuje Robinsonu R22 BETA II vykonávat leteckou činnost, kterou by klasické letouny nebyly schopny zvládnout (manévrovatelnost, malé rychlosti, visení na místě, malá náročnost na vzletovou a přistávací plochu). Díky těmto přednostem a splnění vstupních kritérií (kap č.4), je Robinson R22 BETA II dalším vhodným adeptem k porovnání a analýze.



Obr.36 Robinson R22 Beta II [23]

VSTUPNÍ PARAMETRY LETOUNU ROBINSON R22 BETA II

Při výpočtech provozních nákladů byly použity následující vstupní parametry:

Letoun:

- **Cena letounu** - 300 000 USD [39]
- **MTOW** - max. vzletová hmotnost – 622kg, (MTOW do 1000 kg)
- **Motor** - Lycoming O-360 – J2A
- **Rotor** - Rotor Blades – P/N A – A 016 - 2
- **Cestovní rychlost Lycoming** – 176 km/h
- **Spotřeba Lycomingu při cestovní rychlosti** – 30 l/h (neuvažuje se odlišná spotřeba u vzletu a přistání – vzlet vyšší, přistání nižší, % doby je vzhledem k celkové letové době zanedbatelné).

Palivo: (paliva pro OLD, letecké práce – osvobozena od spotřební daně)

- **Cena paliva AVGAS 100LL** – 58,56 CZK/l, (**44.85 CZK** bez spotřební daně), (k 22.05.2012) [37]

Provoz:

- **Počet letových dní/rok** - 150 (odhad možných letových dní za kalendářní rok pro lety VFR)
- **Počet cyklů za den** - 2 (odhad počtu letových cyklů – tj. start + přistání za letový den)
- **Počet letových hodin/cyklus** - 4 (odhad délky trati jednoho letu)
- **Počet letových hodin/měsíc** – 100h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot)
- **Počet letových cyklů/měsíc** – 25h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot)

Poplatky:

- **Typ letištních ploch** - veškeré (předpoklad, že provoz letounu nebude omezen pro některé typy/druhy letišť)
- **Přistávací poplatky** - 150 CZK/t MTOW (orientační hodnota – bez zohlednění vyšších poplatků u “velkých“ mezinárodních letišť)
- **Parkovací poplatky** - 7 CZK/ den (LKTB–parkovací plocha)
- **Přiblížovací poplatky** - 30 CZK (předpokládá se využití neřízených letišť)
- **Přeletové poplatky** - 150 CZK (pro letouny do MTOW 2000kg)
- **Poplatky ATS** - 1200 CZK/měs (orientační hodnota, při provozu letounu stejné kategorie za měsíc. Hodnota se mění podle potřeb a požadavků v komunikaci)

Pojistné:

- **Vůči 3. osobám** - 663 CZK/měs (povinné pojistné vůči třetím osobám – následky při provozu letadlové techniky)

Náklady na handling:

- **Tankování LPH, manipulace, hangarování, kotvení:**
 - 5000 CZK/měs (orientační hodnota, při provozu letounu stejné kategorie za měsíc. Hodnota se mění podle potřeb a požadavků)

Posádka:

- **Počet** 3 (předpokládaný počet personálu – držitelů pilotní licence CPL(A), pro provoz v uvažovaném rozsahu)
- **plat – fixní část** - 15 000 CZK/měs
- **plat – variabilní část** - 700 CZK/lh (odhad vycházející z počtu odlétaných hodin)

Údržba motoru LYCOMING O – 360 – J2A:

- **Olej, filtry** - 3000 CZK/100lh (náklady na výměnu olejů a filtrů po 100 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace)
- **Svíčky** - 5000 CZK/300lh (náklady na výměnu svíček po 300 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace)
- **Další náklady** - 150 CZK/lh (odhad neplánované údržby při závadě, která se zvyšují se stářím motoru)
- **Cena nového motoru** - 54 425 USD [40]
- **Životnost motoru** - 2200 h

Údržba draku:

- **Odhad na údržbu draku** - 100 CZK/lh (přibližná cena, nutno upřesnit výrobcem Robinson Helicopter Company)

Údržba rotoru: (autorizovaný servis)

- **50h prohlídka** - 650 USD
- **100h prohlídka** - 750 USD
- **300h prohlídka** - 850 USD
- (orientační hodnota základních cen prohlídek, která se navyšuje v závislosti na odstranění zjištěných nadstandardních závad, při periodických prohlídkách).

- Ostatní: - Kurz

- 1 USD = 20,26 CZK (k 22.05.2012)

Přímé provozní náklady – Lycoming

Stanovení přímých provozních nákladů pro provoz s motorem Lycoming O – 360 – J2A

Přímé provozní náklady fixní:

- **Odpisy – 112 696 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **1127 CZK/lh**) – Odpisová skupina 2 – doba odpisu 5 let (1. rok 11%, a další roky 22,25%) – ve výpočtu bylo použito 22,25%

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (měsíc.)} &= (\text{cena letounu} * 0,2225) / 12 = \\ &= ((300\,000 * 20,26) * 0,2225) / 12 = \\ &= \underline{\underline{112\,696\,CZK/měs}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (lh)} &= ((\text{cena letounu} * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &= (((300\,000 * 20,26) * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{1127\,CZK/lh}}\end{aligned}$$

- **Sezóní údržba - 0 CZK** (zahrnuto v proměnných nákladech)

- **Režie údržby - 0 CZK** (Zahrnuto v proměnných nákladech)

- **Pojištění - 663 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **7 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Pojištění (lh)} &= \text{pojištění (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 663 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{7\,CZK/h}}\end{aligned}$$

- **Fixní část platu posádek 45 000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **450 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek} \\ &= 3 * 15\,000 = \\ &= \underline{\underline{45\,000\,CZK/měs}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (lh)} &= (\text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek}) \\ &/ \text{počet letových hodin} = \\ &= (3 * 15\,000) / 100 = \\ &= \underline{\underline{450\,CZK/lh}}\end{aligned}$$

Přímé provozní náklady variabilní:

- **Palivo – 134 550 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **1345 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Palivo (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva} \\ &= 100 * 30 * 44,48 = \\ &= \underline{\underline{134\,550\,CZK/měs}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Palivo (lh)} &= (\text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva} / \text{počet} \\ \text{letových hodin (měs.)} &= \\ &= (100 * 30 * 44,48) / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{1345 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Údržba podle nalétaných hodin/cyklů:**

- **motor 69 786 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **699 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 699 * 100 = \\ &= \underline{\underline{69\,786 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= (\text{olej, filtry} / \text{počet letových hodin}) + (\text{svíčky} / \text{počet letových} \\ \text{hodin}) + \text{další náklady (lh)} + ((\text{cena motoru (USD)} * \text{kurz (CZK)}) / \text{životnost} \\ \text{motoru (lh)}) &= (3000 / 100) + (5000 / 300) + 150 + ((54\,425 * 20,26) / 2200) = \\ &\approx \underline{\underline{699 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **rotor 15 200 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **152 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 152 * 100 = \\ &\approx \underline{\underline{15\,200 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= ((50\text{h prohlídka} + 100\text{h prohlídka} + 300\text{h prohlídka}) * \\ \text{kurz (CZK)}) / 300 &= ((650 + 750 + 850) * 20,26) / 300 = \\ &\approx \underline{\underline{152 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **drak 9000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **90 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 90 * 100 = \\ &= \underline{\underline{9000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

- **Letištní poplatky 7675 CZK/ měs** (náklady na letovou hodinu **77 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{přistávací poplatky} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 307 * 25 = \\ &= \underline{\underline{7675 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 7675 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{77 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Poplatky ATS- 1200 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **12 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 1200 / 100 = \\ &= \underline{\underline{12 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Variabilní část poplatku posádek – 70 000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **700 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Variabilní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{plat – variabilní} \\ \text{část (CZK/lh)} &= \end{aligned}$$

$$= 100 * 700 =$$

$$= \underline{\underline{70\,000\,CZK/m\acute{e}s}}$$

- **Handling - 5000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **50 CZK/lh**)

$$\text{náklady (lh)} = \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin} =$$

$$= 5000 / 100 =$$

$$= \underline{\underline{50\,CZK/lh}}$$

Přímé provozní náklady – Lycoming O – 360 – J2A celkem:

Celkem (měs.) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 112 696 + 663 + 45 000 + 134 550 + 69 786 + 15 200 + 9000 + 7675 + 1200 + 70 000 + 5000 = **470 770 CZK**

Celkem (lh) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 1127 + 7 + 450 + 1345 + 699 + 152 + 90 + 77 + 12 + 700 + 50 = **4709 CZK**

Na základě stanovených vstupních parametrů byl proveden výpočet předpokládaných provozních nákladů vrtulníku Robinson R22 Beta II a byly získány následující hodnoty:

Lycoming O – 360 – J2A

Přímé provozní náklady fixní	náklady/měs	náklady/lh
	158 359 CZK	1584 CZK
Přímé provozní náklady variabilní	náklady/měs	náklady/lh
	312 411 CZK	3125 CZK
Přímé provozní náklady celkem (zaokrouhleno)	náklady/měs	náklady/lh
	470 tis CZK	4,70 tis CZK

Tabulka 4. Shrnutí vypočítaných provozních nákladů pro vrtulník Robinson R22 Beta II

Vypočítané provozní náklady vrtulníku Robinson R22 Beta II mají větší hodnoty provozních nákladů, než u srovnávaných typů letounů Cessny 152 a (UAV) Marabu. Tuto nevýhodu ovšem lehce překoná svými vlastnostmi (jakožto letoun s rotující nosnou plochou). Takové přednosti jako nabízí vrtulník Robinson R22 Beta II se nemůže po stránce letových vlastností pochválit ani s jedním z porovnávaných strojů. Důvodem větších nákladů je především celková technická složitost a náročnější údržba.

4.1.3. PROVOZNÍ NÁKLADY BEZPILOTNÍHO LETOUNU MARABU

Ze skupiny bezpilotních prostředků, byl vybrán letoun Marabu. Zmíněný letoun je ve fázi experimentálního projektu, který se má v konečné fázi začlenit a stát se právoplatným bezpilotním letounem pro civilní využití. Jeho předností jsou vynikající letové vlastnosti (dolet, výdrž, MTOW, rychlost) a jeho jednoznačnou předností je, že tato kategorie letounu neobsahuje žádnou lidskou posádku. Tyto přednosti umožňují vykonávat složitější a nebezpečnější úkoly, které by byly pro letouny s lidskou posádkou velmi náročné nebo nebezpečné.



Obr.37 Experimentální letoun Marabu [41]

VSTUPNÍ PARAMETRY LETOUNU MARABU

Při výpočtech provozních nákladů byly použity následující vstupní parametry:

Letoun:

- **Cena letounu** - 2 mil. CZK – orientační vstupní hodnota pro výpočet
- **MTOW** - max. vzletová hmotnost – 600 kg, (MTOW do 1000 kg)
- **Motor** - Rotax 912 A2
- **Vrtule** - SR 3000 constant speed
- **Cestovní rychlost Rotax** – 203 km/h (pro výšku 1750 m, při 75% výkonu)
- **Spotřeba Rotaxu při cestovní rychlosti** – 16,63 l/h (neuvažuje se odlišná spotřeba u vzletu a přistání – vzlet vyšší, přistání nižší, % doby je vzhledem k celkové letové době zanedbatelné).

Palivo: (paliva pro OLD, letecké práce – osvobozena od spotřební daně)

- **Cena paliva BA 95** - 36,36 CZK/l, (**24,52 CZK** bez spotřební daně), (k 22.05.2012) [37]

Provoz:

- | | |
|-------------------------------|--|
| - Počet letových dní/rok | - 150 (odhad možných letových dní za kalendářní rok) |
| - Počet cyklů za den | - 2 (odhad počtu letových cyklů – tj. start + přistání za letový den) |
| - Počet letových hodin/cyklus | - 4 (odhad délky trati jednoho letu) |
| - Počet letových hodin/měsíc | - 100h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot) |
| - Počet letových cyklů/měsíc | - 25h (tato hodnota byla vypočtena na základě předchozích vstupních hodnot) |

Poplatky:

- | | |
|-------------------------|--|
| - Typ letištních ploch | - veškeré (předpoklad, že provoz letounu nebude omezen pro některé typy/druhy letišť) |
| - Přistávací poplatky | - 100 CZK/t MTOW (orientační hodnota – bez zohlednění vyšších poplatků u “velkých“ mezinárodních letišť) |
| - Parkovací poplatky | - 0 CZK/ (nepředpokládá se) |
| - Přiblížovací poplatky | - 0 CZK (předpokládá se využití neřízených letišť) |
| - Přeletové poplatky | - 0 CZK (pro letouny do MTOW 2000kg) |
| - Poplatky ATS | - 0 CZK (nepředpokládá se) |

Pojistné:

- | | |
|------------------|---|
| - Vůči 3. osobám | - 567 CZK/měs (povinné pojistné vůči třetím osobám – následky při provozu letadlové techniky) |
|------------------|---|

Náklady na handling:

- | | |
|--|--|
| - Tankování LPH, manipulace, hangárování, kotvení: | - 0 CZK (tyto náklady se nepředpokládají – event. jsou započteny v rámci údržby) |
|--|--|

Posádka:

- | | |
|--------------------------|--|
| - Počet | 3 (předpokládaný počet personálu – držitelů pilotní licence CPL(A), pro provoz v uvažovaném rozsahu) |
| - plat – fixní část | - 15 000 CZK/měs |
| - plat – variabilní část | - 700 CZK/lh
(odhad vycházející z počtu odlétaných hodin) |

Údržba motoru Rotax:

- | | |
|----------------------|--|
| - Olej, filtry | - 2000 CZK/100lh (náklady na výměnu olejů a filtrů po 100 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace) |
| - Svíčky | - 5000 CZK/200lh (náklady na výměnu svíček po 200 letových hodinách, včetně práce – zdroj servisní organizace) |
| - Další náklady | - 45 CZK/lh (odhad neplánované údržby při závadě, která se zvyšuje stářím motoru) |
| - Cena nového motoru | - 14 701 EUR |
| - Životnost motoru | - 1500 h |

Údržba draku:

- | | |
|-------------------------|--|
| - Odhad na údržbu draku | - 60 CZK/lh (přibližná cena, nutno upřesnit výrobcem SkyArrow) |
|-------------------------|--|

Údržba vrtule: (zdroj výrobce)

- | | |
|--------------------|---|
| - 150h prohlídka | - 780 CZK |
| - 300h prohlídka | - 5700 CZK |
| - Cena vrtule | - 83 000 CZK |
| - Životnost vrtule | - neomezená – dle stavu (výměna potřebných součástek během prohlídek) |
| - Ostatní: - Kurz | - 1 EUR = 25,43 CZK (k 22.05.2012) |

Přímé provozní náklady – Rotax

Stanovení přímých provozních nákladů pro provoz s motorem Rotax 912 A2:

Přímé provozní náklady fixní:

- Odpisy – **37 083 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **371 CZK/lh**) – Odpisová skupina 2 – doba odpisu 5 let (1. rok 11%, a další roky 22,25%) – ve výpočtu bylo použito 22,25%

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (měsíc.)} &= (\text{cena letounu} * 0,2225) / 12 = \\ &= (2\,000\,000 * 0,2225) / 12 = \\ &= \underline{\underline{37\,083\,CZK/měs}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Odpisy (lh)} &= ((\text{cena letounu} * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &= ((2\,000\,000 * 0,2225) / 12) / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{371\,CZK/lh}}\end{aligned}$$

- Sezónní údržba - **0 CZK** (nebylo bráno v úvahu)

- **Režie údržby - 0 CZK** (zahrnuto v proměnných nákladech)

- **Pojištění - 567 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **6 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Pojištění (lh)} &= \text{pojištění (měs.)} / \text{počet letových hodin} = \\ &= 567 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{6 \text{ CZK/h}}}\end{aligned}$$

- **Fixní část platu posádek 45 000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **450 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek} \\ &= 3 * 15\,000 = \\ &= \underline{\underline{45\,000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fixní část platu posádek (lh)} &= (\text{počet členů posádek} * \text{fixní část platu posádek}) \\ &/ \text{počet letových hodin} = \\ &= (3 * 15\,000) / 100 = \\ &= \underline{\underline{450 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

Přímé provozní náklady variabilní:

- **Palivo – 40 777 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **408 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Palivo (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva} \\ &= 100 * 16,63 * 24,52 = \\ &= \underline{\underline{40\,777 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Palivo (lh)} &= (\text{počet letových hodin (měs.)} * \text{spotřeba (Vcest)} * \text{cena paliva}) / \text{počet} \\ &\text{letových hodin (měs.)} = \\ &= (100 * 16,63 * 24,52) / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{408 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Údržba podle nalétaných hodin/cyklů:**

- **motor 33 923 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **330 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 339 * 100 = \\ &= \underline{\underline{33\,000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= (\text{olej, filtry} / \text{počet letových hodin}) + (\text{svíčky} / \text{počet letových} \\ &\text{hodin}) + \text{další náklady (lh)} + (\text{cena motoru (EUR)} * \text{kurz (CZK)}) / \text{životnost motoru} \\ &(\text{lh}) = (2000 / 100) + (5000 / 200) + 45 + ((14\,701 * 25,43) / 1500) = \\ &\approx \underline{\underline{339 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **vrtule 2200 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **22 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 22 * 100 = \\ &\approx \underline{\underline{2200 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= (150\text{h prohlídka} + 300\text{h prohlídka}) / 300 = \\ &= (780 + 5700) / 300 = \\ &\approx \underline{\underline{22 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **drak 6000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **60 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{náklady (lh)} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 60 * 100 = \\ &= \underline{\underline{6000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

- **Letištní poplatky 2500 CZK/ měs** (náklady na letovou hodinu **25 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{náklady (měs.)} &= \text{přistávací poplatky} * \text{počet letových cyklů (měs.)} = \\ &= 100 * 25 = \\ &= \underline{\underline{2500 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{náklady (lh)} &= \text{náklady (měs.)} / \text{počet letových hodin (měs.)} = \\ &= 2500 / 100 = \\ &\approx \underline{\underline{25 \text{ CZK/lh}}}\end{aligned}$$

- **Poplatky ATS – 0 CZK/měs** (není aplikováno v dané kategorii)

- **Variabilní část poplatku posádek – 70 000 CZK/měs** (náklady na letovou hodinu **700 CZK/lh**)

$$\begin{aligned}\text{Variabilní část platu posádek (měs.)} &= \text{počet letových hodin (měs.)} * \text{plat – variabilní} \\ &\text{část (CZK/lh)} = \\ &= 100 * 700 = \\ &= \underline{\underline{70 000 \text{ CZK/měs}}}\end{aligned}$$

- **Handling – 0 CZK/měs** (není aplikováno v dané kategorii)

Přímé provozní náklady – ROTAX celkem:

Celkem (měs.) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 37 083 + 567 + 45 000 + 40 777 + 33 923 + 2200 + 6000 + 2500 + 70 000 = **238 050 CZK**

Celkem (lh) = Odpisy + Pojištění + Fixní část platu posádek + Palivo + Údržba motor + Údržba vrtule + Údržba drak + Letištní poplatky + Poplatky za ATS + Variabilní část platu posádek + Poplatky za handling = 371 + 6 + 450 + 408 + 339 + 22 + 60 + 25 + 700 = **2381 CZK**

Na základě stanovených vstupních parametrů byl proveden výpočet předpokládaných provozních nákladů letounů Marabu a byly získány následující hodnoty:

ROTAX 912 A2

Přímé provozní náklady fixní	náklady/měs	náklady/lh
	82 650 CZK	827 CZK
Přímé provozní náklady variabilní	náklady/měs	náklady/lh
	155 400 CZK	1554 CZK
Přímé provozní náklady celkem (zaokrouhleno)	náklady/měs	náklady/lh
	238 tis CZK	2,38 tis CZK

Tabulka 5 Shrnutí vypočítaných provozních nákladů pro letoun Marabu

Bezpilotní letoun Marabu má srovnatelně nejlepší hodnoty provozních nákladů oproti ostatním porovnávaným typům letounu Cessna 152 a vrtulníku Robinson R22 Beta II. Díky svým přednostem (dolet, výdrž, MTOW, rychlost), a žádnou posádku obsahující lidského činitele, bude (UAV) do budoucna vytlačovat a nahrazovat ostatní letecké prostředky působící v leteckých pracích.

5. ANALÝZA A POROVNÁNÍ TECHNICKO - PROVOZNÍCH PARAMETRŮ

Porovnání technicko – provozních parametrů bylo provedeno u tří vybraných typů letounu (**Cessna 152**, **vrtulníku Robinson R22 Beta II** a **bezpilotního prostředku Marabu**). Tyto stroje byly voleny na základě specifických kritérií (maximální vzletová hmotnost, vytrvalost, dolet a počet posádky), při předpokládaném náletu 100 letových hodin za měsíc. Srovnávací hodnoty jednotlivých letounů byly vybírány záměrně podobné, aby následná analýza zohlednila části, které se nejvíce podílejí na celkových provozních nákladech. Analýza nám také ukáže pozitivní a negativní stránku mezi jednotlivými typy letounů a jejich náklady.

Vypočítané hodnoty přímých provozních nákladů je znázorněna v tabulce č.6 a 7

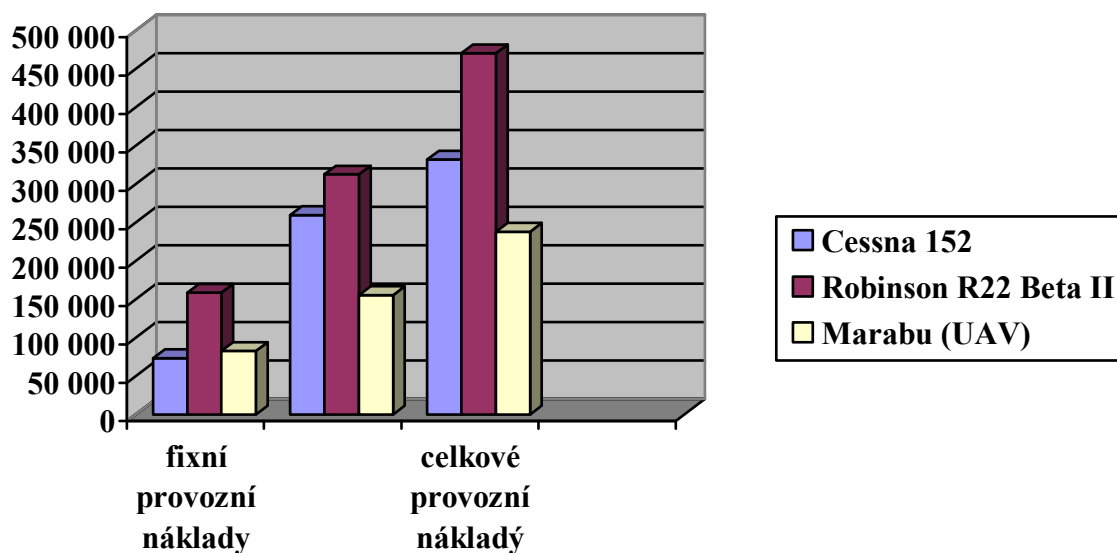
Přímé provozní náklady na měsíc	Cessna 152 Lycoming O-235	Robinson R22 Lycoming O-360 J2A	Marabu Rotax 912 A2
Přímé provozní náklady fixní	73 476 CZK	158 359 CZK	82 650 CZK
Přímé provozní náklady variabilní	259 223 CZK	312 411 CZK	155 400 CZK
Přímé provozní náklady celkem	332 tis.CZK	470 tis.CZK	238 tis.CZK

Tabulka č.6 Celkové náklady na měsíc

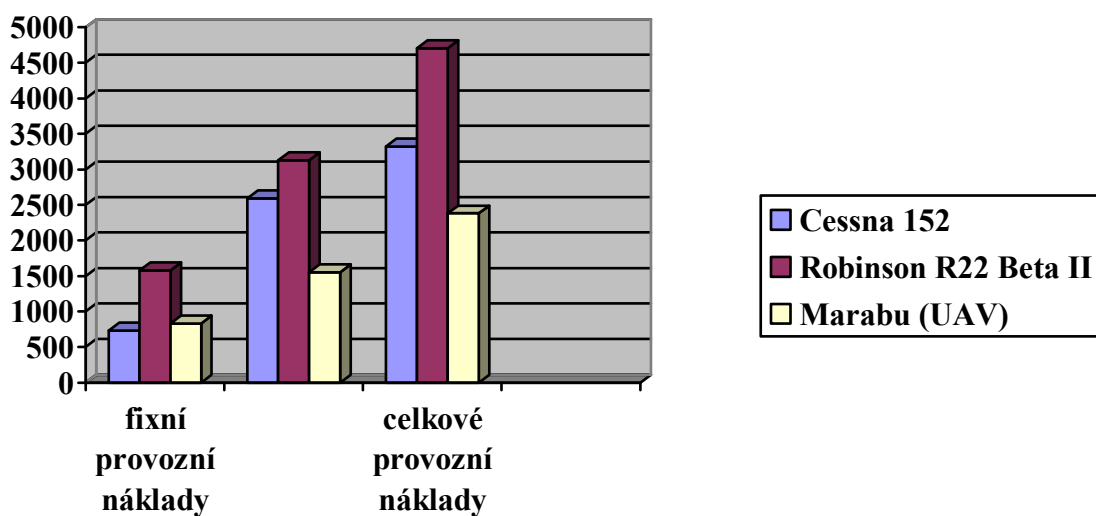
Přímé provozní náklady na letovou hodinu	Cessna 152 Lycoming O-235	Robinson R22 Lycoming O-360 J2A	Marabu Rotax 912 A2
Přímé provozní náklady fixní	735 CZK	1584 CZK	827 CZK
Přímé provozní náklady variabilní	2592 CZK	3125 CZK	1554 CZK
Přímé provozní náklady celkem	3,32 tis.CZK	4,70 tis.CZK	2,38 tis.CZK

Tabulka č.7 Celkové náklady na letovou hodinu

Grafické porovnání vypočítaných hodnot přímých provozních nákladů je znázorněná v grafech 1 a 2.



Graf.1 Přímé provozní náklady na měsíc



Graf.2 Přímé provozní náklady na letovou hodinu

Ze znázorněných grafů a tabulek vyplývá:

Z výše uvedených tabulek a grafů vyplývá, že přímé provozní náklady u jednotlivých typů letounů jsou dosti rozdílné. Po ekonomické stránce nejlepších výsledků dosáhl bezpilotní letoun Marabu, jako druhý se umístil letoun Cessna 152 a nejvyšších hodnot přímých provozních nákladů dosáhl vrtulník Robinson R22 Beta II. Cílem této práce je porovnání technicko-provozních parametrů letounu použitelných v segmentu leteckých prací. Z toho vyplývá (viz.kap. č.3), že ne každý porovnávaný letoun, který má být podle zadání využíván k leteckým pracím, je po stránce technických parametrů podobně rozdělen tak, jak je tomu u ekonomické stránky. Každý srovnávaný letoun vykonávající stejnou specifickou činnost z oblasti leteckých prací (viz.kap. č.2), není stejně efektivní, protože jeho vlastnosti po technické a konstrukční stránce mu to nedovolují být nejvhodnějším adeptem pro tuto konkrétní činnost. Každý ze zvolených letounů může být při své činnosti efektivní pouze tehdy, když musí vykonat konkrétní činnost, která je pro něj vhodně zvolena a to po stránce technicko-provozní. Proto jsem došel k závěru, že musím brát v úvahu i technickou stránku (vhodnost pro určitý úkol z oblasti leteckých prací) a samozřejmě jeho efektivnost, která by se měla podílet na výsledném srovnání.

Porovnání technicko-provozních parametrů u letounu Cessna 152

Letoun Cessna 152 se po ekonomické stránce umístil na druhém místě z hlediska porovnání přímých provozních nákladů. Významnou roli zde hraje předpoklad, že letoun **Cessna 152** byl koncipován jako výcvikový letoun, kde se už od počátku kladl důraz na jeho ekonomickou stránku provozu. Přednosti, které se podílejí na ekonomické stránce provozu: cena letounu, cena náhradních dílů, cena motoru a jeho životnost, údržba, spotřeba – možnost přestavby na levnější variantu paliva (BA 95). Po technické stránce je letoun vhodný pouze na některé činnosti z kategorie leteckých prací.

Z celkového hlediska se po stránce porovnání technicko-provozních parametrů a vhodného uplatnění tohoto letounu v segmentu leteckých prací umístil letoun **Cessna 152 na posledním třetím místě**. I přes dobré ekonomické hodnocení není příliš vhodným letounem pro rozsáhlou činnost v oblasti leteckých prací z technického a konstrukčního hlediska.

Porovnání technicko-provozních parametrů u vrtulníku Robinson R22 Beta II

Vrtulník Robinson R22 se po ekonomické stránce umístil na posledním třetím místě z hlediska porovnání přímých provozních nákladů. Velikost provozních nákladů u vrtulníku **Robinson R22 Beta II** je způsobena tím, že je daleko konstrukčně složitější stroj než klasický letoun, a proto obnáší daleko vyšší náklady při pořízení a finančně náročnější údržbu. Robinson R22 Beta II byl koncipován jako lehký víceúčelový vrtulník, který využívá svých vlastností (viz.kap.3.2), oproti tradičním letadlům. Tyto vlastnosti, kterými disponuje, jakožto letoun s rotující nosnou plochou vyvyšuje tento vrtulník nad ostatní letouny po stránce technických letových vlastností, protože je díky těmto vlastnostem nejvhodnějším adeptem pro činnost v segmentu leteckých prací. Dokonce jeho letecké vlastnosti a efektivita jsou upřednostňovány před jeho ekonomickou stránkou.

Z celkového hlediska se po stránce porovnání technicko-provozních parametrů a vhodného uplatnění tohoto vrtulníku v segmentu leteckých prací umístil **Robinson R22 Beta II** na prvním místě, který je i přes vysoké provozní náklady nejvhodnějším letounem pro rozsáhlou činnost v oblasti leteckých prací.

Porovnání technicko-provozních parametrů u bezpilotního letounu Marabu

provozní náklady bezpilotního letounu Marabu dosáhl po ekonomické stránce nejlepších provozních výsledků u srovnávaných strojů. Díky použití nových konstrukčních

materiálů a moderních technologií (počítačových simulací), při konstruování a zpracování můžeme dosáhnout velmi slušných provozních nákladů. Velký důraz byl kladen na aerodynamickou konstrukci s moderní pohonnou jednotku (Rotax 912 A2), která je výkonná a úsporná. Snížením nákladu, bylo dosaženo použitím levnějšího zdroje paliva (ozn. BA 95). U letounu se do budoucna počítá, že by jeho pohonná jednotka byla nahrazena elektrickým pohonem, tím by se dosáhlo ještě větších úspor.

Z celkového hlediska se po stránce porovnání technicko provozních parametrů a vhodného uplatnění tohoto letounu v segmentu leteckých prací umístil **bezpilotní letoun Marabu na druhém místě**. I přes nejlepší provozní náklady není nejvhodnějším letounem pro činnost v oblasti leteckých prací. Podobně jako letoun Cessna 152 má svoje nevýhody z technického a konstrukčního hlediska, a k některým specifickým činnostem v oblasti leteckých prací se prostě nehodí. Důležitou výhodou je, že bezpilotní letoun neobsahuje žádnou lidskou posádku, proto je vhodným adeptem na nějakou specifickou činnost, kterou nejsou schopni zvládnout stroje s lidskou posádkou. Uplatnění těchto strojů je bohužel v dnešní době ještě omezeno, vlivem vznikajících legislativních směrnic, které nám umožní bezpečné využití v civilním sektoru.

6. DEFINOVÁNÍ VHODNÝCH OBLASTÍ VYUŽITÍ U POROVNÁVANÝCH LETOUNŮ

Definování vhodných oblastí, pro jednotlivé typy porovnávaných letounů Cessny 152, Robinsonu R22 Beta II a bezpilotního letounu Marabu, určený speciálně k činnostem z kategorie leteckých prací. Každý letoun má svoje specifické technické a výkonnostní přednosti, které mu předurčují k jakým činnostem bude nejvhodnější. Toto je podrobněji zpracováno u níže uvedených podkapitol, které jsou věnovány každému letounu zvlášť.

6.1 LETOUN CESSNA 152

Definování vhodné oblasti pro letoun Cessna 152, který má být použit k činnostem z kategorie leteckých prací, je rozdělen do několika charakteristických oblastí. Základní předností tohoto lehkého dvoumístného letounu je jeho jednoduché ovládání, spolehlivost a nenáročnost na údržbu. Letoun byl konstrukčně vyvinut za účelem poskytování základního výcviku pilotů, PPL – licence soukromého pilota letounu. Oblast použití tohoto letounu je:

v leteckých školách: především v leteckých školách, kde využije maximum svých předností a konstrukčních výhod pro které byl od základu postaven.

v geodézii: letecké snímkování povrchu země, mapování.

v energetice: je vhodný ke kontrole elektrického vedení.

v další činnosti: pro letecká vystoupení, vyhlídkové lety, pozorování, hlídkování, vlečení transparentů, letecké snímkování, lety pro hydrometeorologickou službu, filmování a soukromou osobní přepravu.

6.2 VRTULNÍK ROBINSON R22 BETA II

Definování vhodné oblasti pro vrtulník Robinson R22 Beta II, který má být použit k činnostem z kategorie leteckých prací, je rozdělen do několika charakteristických oblastí. Základní předností vrtulníku Robinson R22 je schopnost svislého vzletu a přistání, ale i možnost visení (na místě), na malé rychlosti letu, což ho předurčuje k plnění takových pracovních úloh, kde je použití klasického letounu neefektivní nebo prakticky nemožné.

Díky svým zmíněným přednostem, vynikajícím manévrovacím schopnostem, výborným výhledem z kabiny a speciálním nástavbám a přípravkům se využívá:

- **v zemědělství:** k chemickému ošetření zemědělských kultur (např. chmelu, obilovin) - postřiky proti škůdcům, setí, přihnojování, atd.
Příkladem je využití schopnosti přítlačného efektu od svého nosného rotoru, díky němuž aplikuje postřikovou látku po listy rostlin a tím zvyšuje účinnost daného přípravku a efektivitu dané práce.
- **v lesnictví:** zásahy proti lesním škůdcům – aplikací vhodného postřiku, zásahy proti lesním požárům – hašení vodou za pomoci speciální technické nástavby, vápnění – úprava kyselosti nebo vhodná desinfekce, kontrola a sčítání zvěře.
- **v energetice:** kontrola elektrického vedení.
- **v geodézii:** letecké snímkování a mapování země.
- **v geologii:** při geologickém průzkumu struktury, složení vrstev a ložisek země.
- **v leteckých školách:** výuka létání (IFR).

Díky svým vynikajícím manévrovacím vlastnostem je obzvlášť vhodný k nasazování do zastavěných oblastí (částí měst), k leteckým průzkumům, pozorováním a hlídkováním při živelných katastrofách a v postižených oblastech.

Velice vhodným je při leteckém filmování, díky výbornému výhledu z kabiny.

Samozřejmě je vhodným adeptem k soukromé osobní přepravě.

6.3 BEZPILOTNÍ LETOUN MARABU

Definování vhodné oblasti pro bezpilotní letoun Marabu, který má být použit k činnostem z kategorie leteckých prací, je rozdělen do několika charakteristických oblastí. Základní předností tohoto speciálního bezpilotního letounu, je že nebude obsahovat žádnou lidskou posádku. To mu dovoluje vykonávat specializované úkoly, které jsou pro letouny s lidskou posádkou příliš nebezpečné nebo nemožné. Díky svým zmíněným přednostem, vynikajícím manévrovacím a technickým parametrům, je vhodnou oblastí jeho využití:

- **k leteckému průzkumu** - pozorování a hlídkování v nebezpečných oblastech (katastrofy, sopečná činnost, záplavy, hromadné nehody, kontrola dálnic atd.)
- **k translaci** - podpůrný přenos signálu při významných akcích.
- **v geodézii** - letecké snímkování a mapování povrchu země.
- **v geologii** – průzkum - ložiska nerostů.
- **v bezpečnostních složkách policie** - špionáž při teroristických útocích a jiných závažných trestních činech.
- **při vědeckých projektech a bádáních** – kontrola a zkoumání nepřístupných oblastí (severní a jižní pól), kontrola oceánů a jiných potřebných věcí pro tuto činnost.
- **přeprava nákladu** - na velké i střední vzdálenosti z bodu A do bodu B na předem zabezpečené trati např. přes oceán, poušť, polární oblasti (ideální oblast pro autonomní systémy).

7. ZÁVĚR

Ve své diplomové práci jsem se zabýval výběrem letounů, analýzou a porovnáním technicko-ekonomického provozu u vybraných typů letadel pomocí jejích zjištěných dat, jejichž pole působnosti bude v oblasti leteckých prací. Z obecného výběru jsem postupně vyčlenil tři druhy letounů z pevnou a rotující nosnou plochou a bezpilotního prostředku, které jsem za pomoci získaných technických dat podrobil analýze.

Z výše stanovených provozních nákladů je patrné, že nejlepších hodnot dosáhl bezpilotní prostředek Marabu, jako druhý se umístil letoun Cessna 152 a na posledním místě skončil vrtulník Robinson R22 Beta II. Získané výsledky jsou závislé na technické složitosti letounu a výši jejich provozních nákladů. Získané hodnoty porovnávaných letounů mají pouze ekonomický charakter, proto je důležité dále v této práci také zohledňovat technicko-provozní parametry, které mají na celkové zhodnocení velký vliv.

Po pečlivém zhodnocení získaných dat a poznatku, jsme došli k závěru, že prvním a nejvhodnějším letounem pro tuto specifickou činnost v kategoriích leteckých prací získal vrtulník Robinson R22 Beta II, na druhé se umístil bezpilotní letoun Marabu a na třetím místě skončil klasický letoun Cessna 152. Velký vliv a důraz byl při tomto hodnocení kladen na efektivitu, při vykonávání specifické činnosti v oboru leteckých prací, podle které se taky odráží velmi důležitá celková ekonomická stránka.

Vhodné použití vrtulníku Robinson R22 Beta II, který z konstrukčního a technického hlediska získá takové přednosti (svislý vzlet a přistání, možnost visení na místě, malé rychlosti letu, apod.), které ho předurčují k plnění takových úloh, kde je použití klasického letounu prakticky nemožné. Příkladem vhodného použití je ošetření zemědělských kultur postřikovou látkou proti škůdcům. Vrtulník je ideálním nástrojem, který může pomalu kopírovat terén a v případě potřeby může viset také na místě. Další předností je využití přitlačného efektu od nosného rotoru, který pomůže aplikovat potřebnou látku dokonale i pod listy ošetřovaných rostlin. Tím se maximálně zvýší efektivita a ekonomičnost prováděného úkolu. Takových výsledků nemůže klasický letoun v podobném případě nikdy dosáhnout.

Vhodné použití bezpilotního letounu Marabu. Tento letoun dosáhl velmi dobrých hodnot provozních nákladů a jeho další a hlavní předností je, že v letoun nekonfiguruje žádná lidská posádka. Proto je tento letoun vhodným kandidátem na speciální úkoly, které by byly pro klasické letouny a vrtulníky s lidskou posádkou nebezpečné nebo neproveditelné. Vhodným příkladem je letecký průzkum, pozorování a hlídkování v nebezpečných oblastech (katastrofy, sopečná činnost.)

Vhodné použití letounu Cessna 152. Tento letoun menších provozních nákladu než srovnávaný vrtulník R22 a jeho důležitou a hlavní předností je, že byl konstrukčně navržen za účelem výcviku počátečních pilotů. Proto se v celkovém hodnocení umístil na posledním místě. Vhodným příkladem uplatnění je výcviková činnost, fotografování, filmování, vlečení transparentů a využití komerční reklamy.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Internetové zdroje:

- [1] Rozdělení letecké dopravy dle zákona o civilním letectví č.49/1997 Sb. Část šestá, Hlava I, II. Dostupné na internetu: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/243A5887-70FD-4616-B861-03E16D4176EF/0/49_97_konsolidovane_zneni_cz_leden_2010.pdf (2011-04-02).
- [3] Zákon o civilním letectví č.49/1997 Sb. Dostupné na internetu: http://www.mdcz.cz/NR/rdonlyres/243A5887-70FD-4616-B861-03E16D4176EF/0/49_97_konsolidovane_zneni_cz_leden_2010.pdf (2011-04-02).
- [4] Nosná plocha letounu. Dostupné na internetu: <http://leccos.com/index.php/clanky/nosne-plochy-letadla> (2011-04-09).
- [5] Letoun s pevnou nosnou plochou, e-magazín Akademického letectví. Dostupné na internetu: http://www.airspace.cz/akademie/rocnik/2008/05/ocasni_plochy.php (2011-04-05)
- [6] Wikipedia. Cessna 152. Dostupné na internetu: http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_152 (2011-04-10).
- [7] Silverstar Aviation: Silverstar Aviation Gallery. Cessna 152. Dostupné na internetu: <http://silverstaraviationltd.co.uk/images/gallery-silverstar/cessna152.jpg> (2011-04-10)
- [8] Wikipedia. Cessna 172. Dostupné na internetu: http://en.wikipedia.org/wiki/Cessna_172 (2011-04-11).
- [9] Aldis Aero – letecké práce. Cessna 172. Dostupné na internetu http://www.aldisaero.cz/foto/C-172_4.jpg. (2011-04-11).
- [10] Wikipedia Zlín – Z 37. Dostupné na internetu: http://cs.wikipedia.org/wiki/Zl%C3%ADn_Z-37_%C4%8Cmel%C3%A1k. (2011-04-12)
- [11] Aldis Aero – letecké práce. Zlín Z – 37. Dostupné na internetu http://www.aldisaero.cz/foto/Z-37_4.jpg. (2011-04-12).
- [12] Wikipedia Zlín – Z43. Dostupné na internetu: http://en.wikipedia.org/wiki/Zl%C3%ADn_Z_43 (2011-04-13)
- [13] Aldis Aero – letecké práce. Zlín Z – 43. Dostupné na internetu: http://www.aldisaero.cz/foto/Z-43_1.jpg (2011-04-13)
- [14] Procházka, I. Internetový Technický Magazín. Brigádýr L – 60S. Dostupné na internetu: http://techmag.valka.cz/let_1_l60.htm#l60td (2011-04-14)
- [15] Procházka, I. Internetový Technický Magazín. Brigádýr L – 60S. Dostupné na internetu http://techmag.valka.cz/obr_5/1_024_002/img00009.jpg (2011-04-14)
- [16] Petrásek, M. [online]. 2011-02-23 [cit. 2011-04-15]. Vrtulníky. Dostupné na internetu: <http://www.petrasekm.eu/news/letecky-ustav-vut-fsi-vrtulniky/>
- [17] Konstrukce, učebnice, opory [online]. [cit. 2011-04-15]. Vrtulníky. Dostupné na internetu: <http://lu.fme.vutbr.cz/ucebnice/opory/construction.php>
- [18] Pelikán, D. [online]. Vrtulníky. Dostupné na Internetu: <http://www.rcm-pelikan.cz/index.php?storage=29&sec=list>(2011-04-15)
- [19] Wikipedia Robinson R22 Beta II. Dostupné na internetu: http://en.wikipedia.org/wiki/Robinson_R22 (2011-04-15)
- [20] Vrtulníky.sk, Robinson R22 Agricultural. Dostupné na internetu: <http://robinson.helikoptery.sk/robinson-r22/verzie-r22/> (2011-04-15)
- [21] Ogurčák, Aerocentrum, P. Robinson R22 Beta II. Dostupné na internetu: <http://www.aerocentrum.cz/robinson-r22/> (2011-04-15)
- [22] Vrtulníky.sk, Robinson R44. Dostupné na internetu: <http://robinson.helikoptery.sk/robinson-r44/technicke-parametre-r44/> (2011-04-15)
- [23] Obrázkyletounů ze soukromé databáze autora

- [24] Wikipedia Mil Mi 8. Dostupné na internetu: http://cs.wikipedia.org/wiki/Mil_Mi-8 (2011-04-16).
- [25] Ogurčák, P. Aerocentrum, Mil Mi 8. Dostupné na internetu: http://www.aerocentrum.cz/static/temp/mi8-nad-polem_645x330_w_c.jpg (2011-04-17).
- [26] Orgulčák, P. Aerocentrum, Mil Mi.8. Dostupné na internetu: http://www.aerocentrum.cz/static/temp/dsc04290_280x210_w_c.jpg (2011-04-17)
- [27] Orgulčák, P. Aerocentrum, MD 520 N. Dostupné na internetu: <http://www.aerocentrum.cz/md520n/> (2011-04-18)
- [28] mdvrt, MD 520 N, Dostupné na internetu: http://www.mdvrt.cz/photos/tech_popis/notar_01a.jpg (2011-04-18)
- [29] Flugzeuginfo, EC 120, Dostupná na internetu: http://www.flugzeuginfo.net/acdata_php/acdata_ec120_en.php (2011-04-19)
- [30] Euroropter UK, EC. 120. Dostupné na internetu: http://www.eurocopter.co.uk/img/gallery/ec120/ec120_thumb.jpg (2011-04-19)
- [31] Private Jet Charter, EC 120. Dostupné na internetu: http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRxA954MGmZT2nEIrwBhUohtascv_KZ7Hlb538M5DqynA_k91mPZgiTUtr (2011-04-19)
- [32] Hekicoptersmagazine, EC 120. Dostupné na internetu: <http://t0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQADhT8z1BYYIPILftTlgHJBaKSWMZYS8tuPACz-jenjgKW0nlmy7tlI7JC> (2011-04-19)
- [33] Helicopter Hysterie, fenestron. Dostupné na internetu: http://3.bp.blogspot.com/_snogRTbczSE/TCLw21sr5QI/AAAAAAAAAMj4/btY2MyTZ3dw/s1600/fenestron+close+up+ec+120.jpg (2011-04-19).
- [34] VUT, letecký ústav, Marabu. Dostupné na internetu: http://lu.fme.vutbr.cz/docs/projekt_marabu.pdf (2011-04-22)
- [35] Vanýsková, J. VUT, Experimentální letoun Marabu. Dostupné na internetu: <http://www.vutbr.cz/temata-vut-f18829/novy-experimentalni-letoun-vut-001-marabu-d35823>, http://lu.fme.vutbr.cz/docs/projekt_marabu.pdf (2011-04-22)
- [36] VUT, FSI, LÚ, Projekty, Marabu. Dostupné na internetu: http://t3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSzsXB4k2JiPLW5PyIf-damVv7vyaPOQQxhiQ-aNvKu_2XQVbQK&t=1 (2011-04-22)
- [37] AFS, Air Fuels Service, Letecká paliva. Dostupná na internetu: <http://www.letekapaliva.cz/> (2012-05-22).
- [38] Airpowerinc, Lycoming O 235. Dostupný na internetu: <http://www.airpowerinc.com/productcart/pc/engines.asp?catid=33> (2011-04-25)
- [39] Airpowerinc, Lycoming O 360 J2A. Dostupný na internetu: <http://www.airpowerinc.com/productcart/pc/engines.asp?catid=33> (2011-04-25)
- [40] NISA AIR, Robinson R22. Dostupné na internetu: <http://www.nisaair.cz/prodej-vrtulniku> (2011-04-25-
- [41] VUT, letecký ústav, Marabu. Dostupné na internetu: <http://media1.picsearch.com/is?ET8mAmn0LZTth1zZyNieZpRCp1JISs0PyaaPLhdfEXoh> (2011-04-22)

Tištěné zdroje:

- [2] Sedláček, B., Provoz a ekonomika letecké dopravy II Alfa 1988
- [42] Zákon o civilním letectví č.49/1997Sb.
- [43] Vasing, B., Fleming, K., Tacker, T.: (2008), Introduction to Air Transport Economic
- [44] Jakson, P. a kol. Jane's All The World's Aircraft 1984-1985. 75th. London. Jane's Publishing Company Limited. 1984. ISBN 0 7106-0801-2

- [45] Jakson, P. a kol. Jane's All The World's Aircraft 2008-2009. 99th edition. London.
Jane's Information Group. 2008. ISBN 0 7106-2837-4
- [46] Naumann&Göbel., Euromedia Group, k. s., 2007. Köln.
Rolf Berger. 1000 letadel 2007., ISBN 978-80-242-1832-8

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

Zkratky:

ÚCL ČR	- Úřad pro civilní letectví České Republiky
ES	- Evropské Společenství
EU	- Evropská unie
ATS	- letové provozní služby
PPL	- průkaz způsobilosti soukromého pilota
CPL	- průkaz způsobilosti obchodního pilota
VFR	- pravidla pro let za viditelnosti
IFR	- pravidla pro let podle přístrojů
OLD	- obchodní letecká doprava
LPH	- letecké pohonné hmoty
BA95	- palivo pro pístové motory
MTOW	- maximální celková vzletová hmotnost
SDR	- jednotná měnová a účetní jednotka
MD	- McDonnell Douglas
EC	- Eurocopter
VOP	- vodorovné ocasní plochy
SOP	- svislé ocasní plochy
VSTOL	- velmi krátký vzlet a přistání
STC	- normalizovaný přenosný kód
USA	- Spojené Státy Americké
US Army	- Armáda Spojených Států
VIP	- velmi důležitá osoba
Sb.	- sbírka
max.	- maximální
tzn.	- to znamená
tzv.	- takzvaný
ozn.	- označení
atd.	- a tak dále
apod.	- a podobně
tj.	- to jest
např.	- například
kap.	- kapitola
Obr.	- obrázek
pax	- cestující

Jednotky:

USD	- americký dolar
EUR	- euro
CZK	- korun českých
CZK/lh	- korun českých za letovou hodinu
CZK/h	- korun českých za hodinu
CZK/měs	- korun českých za měsíc
CZK/t	- korun českých za tunu

mil.	- milión
h	- hodina
lh	- letová hodina
t	- tuna
kg	- kilogram
km	- kilometr
m	- metr
km/h	- kilometr za hodinu
l	- litr
l/h	- litr za hodinu
kW	- kilowatt
k	- koňská síla
%	- procento

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1	– Provozní licence
Příloha č.2	– Osvědčení leteckého provozovatele
Příloha č.3	– Povolení k provozování leteckých prací

ČESKÁ REPUBLIKA
CZECH REPUBLIC

PROVOZNÍ LICENCE
OPERATING LICENCE

Číslo / No: 15 E

**Jménem Úřadu pro civilní letectví Česká republika,
se tímto potvrzuje, že provozovatel**

*On behalf of the Civil Aviation Authority of the Czech Republic,
it is hereby certified that*

DSA a.s.

Praha 9, letiště Kbely, Mladoboleslavská, hala č. 58, PSČ 197 21

**splnil požadavky pro vydání Provozní licence stanovené
nařízením Rady (EHS) č. 2407/92 ze dne 23. července 1992 o vydávání licencí leteckým
dopravcům a zákonem č. 49/1997 Sb. o civilním letectví
a byl uznán způsobilým provádět
Obchodní leteckou dopravu
za podmínek uvedených v osvědčení provozovatele letecké dopravy (AOC)**

*has met the Operator Certification requirements set out in
Council Regulation (EEC) No. 2407/92 of July 23, 1992 on licensing of air carriers and the
Act No. 49/1997 Coll. on Civil Aviation and
has been found competent to conduct
Commercial Air Transport Operations
subject to the conditions of the Air Operator Certificate*

***Toto osvědčení je nepřenosné a pokud nebude pozastaveno nebo zrušeno,
zůstává v platnosti na dobu neurčitou***
*This Certificate is not transferable and unless suspended or revoked, shall continue
in effect for unlimited period*



Vydáno v / Issued: Praha

Datum / Date: 23.08.2007

Podpis / Signature :

Jméno / Name : Mgr. Jitka Ungerová
Referát provozovatelů / Operators Section

ČESKÁ REPUBLIKA
CZECH REPUBLIC

OSVĚDČENÍ LETECKÉHO PROVOZOVATELE
AIR OPERATOR CERTIFICATE

Číslo / No: CZ – 83

**Jménem Úřadu pro civilní letectví Česká republika,
se tímto potvrzuje, že provozovatel**

*On behalf of the Civil Aviation Authority of the Czech Republic,
it is hereby certified that*

DSA a.s.

Praha 9, letiště Kbely, Mladoboleslavská, hala č. 58, PSČ 197 21

**splnil požadavky pro Osvědčení leteckého provozovatele stanovené
JAR-OPS 3 a zákonem č. 49/1997 Sb. o civilním letectví
a byl uznán způsobilým provádět
Obchodní leteckou dopravu
za podmínek uvedených v připojené Provozní specifikaci**

*has satisfied the Operator Certification requirements prescribed in
JAR-OPS 3 and the Act No. 49/1997 Coll. on Civil Aviation and
has been found competent to conduct*

Commercial Air Transport Operations
subject to the conditions of the attached Operations Specifications

**Toto osvědčení je nepřenosné a pokud nebude dříve pozastaveno nebo zrušeno,
zůstává v platnosti do 31. března 2012**

*This Certificate is not transferable and unless sooner suspended or revoked, shall continue
in effect until 31st of March 2012*

Vydáno v / Issued: Praha

Datum / Date: 25.8.2010

Podpis / Signature :



Jméno / Name : Ing. Petr Navrátil

Funkce / Title : ředitel sekce letové a provozní
Director of Flight Operations Division

ČESKÁ REPUBLIKA



CZECH REPUBLIC

POVOLENÍ K PROVOZOVÁNÍ LETECKÝCH PRACÍ AERIAL WORK OPERATOR PERMIT

Tímto se potvrzuje, že provozovatel
This certifies that Operator

DSA a.s.

Praha 9, letiště Kbely, Mladoboleslavská, hala č. 58, PSČ 197 21

splnil požadavky zákona č.49/97 Sb. o civilním letectví § 74 a prováděcího předpisu pro vydání tohoto povolení a je tímto oprávněn uskutečňovat
letecké práce

v souladu se zmíněným zákonem, českými letecko-provozními předpisy a Provozní specifikací, která je nedílnou součástí tohoto osvědčení.

has met the requirements of the Civil Aviation Act of the Czech Republic and Regulations prescribed thereunder for the issuance of this certificate, and is hereby authorized to operate in
aerial works

in accordance with the Act and Regulations prescribed thereunder, and in accordance with the Operation Specification which is the integral part of this certificate.

Držitel Povolení je povinen dodržovat předpisy vydané Ministerstvem dopravy ČR.

Permit Holder shall comply with the regulations issued by Ministry of Transport of the Czech Republic.

Toto Povolení je platné pouze ve spojení s Provozní specifikací označenou stejným číslem, je nepřenosné a pokud se jej provozovatel nevzdá nebo nebude jeho platnost pozastavena nebo zrušena zůstává v platnosti do: 30.8.2012

This Permit is valid only in connection with the Operation Specification carrying the identical number, it is not transferable and, unless sooner surrendered, suspended or revoked, shall continue in effect until: 30.8.2012

Povolení č. / Permit No.

802 / LPR

Vydáno pod č.j./Issued by Ref.No. :

2498b-09-301

Datum vydání :/Date of issue

: 4.1.2010



Ing. Josef Pospíšil

vrchní inspektor / AOC inspector

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ
CIVIL AVIATION AUTHORITY

ČESKÁ REPUBLIKA



CZECH REPUBLIC

PROVOZNÍ SPECIFIKACE
OPERATION SPECIFICATION

Příloha Povolení k provádění leteckých prací vydaného provozovateli :
Annex to the Aerial Work Operator Permit issued to:

DSA a.s.

Praha 9, letiště Kbely, Mladoboleslavská, hala č. 58, PSČ 197 21

Druhy provozu:

Types of operations:

- | | |
|---|--|
| - letecké práce v lesním hospodářství a ochraně životního prostředí | - aviation work in forestry and environmental protection |
| - rozhazování letáků | - leaflets scatter |
| - vleky kluzáků | - gliders towing |
| - vleky reklamních transparentů | - banner towing |
| - hlídkové, pozorovací, měřicí a kontrolní lety | - patrol, observer, measurement and inspection flights |
| - letecké snímkování | - air photography |
| - výsadkové lety | - parachute flights |
| - výuka výkonných letců v letecké škole | - flight crew training |

Typy letadel

Types of aircraft

Cessna 525

Beech C 90

PA-34-220T

PA-34-200T

Cessna 172RG

Cessna 172S

Z 226 MS

L – 13

OK-DSJ

OK-DSH

OK-DSP

OK-DKP, OK-DST

OK-KKA, OK – DSR

OK-DSF, OK-DSG, OK-DSI

OK-KMK

OK-9201

Pravidla letu, zvláštní podmínky a specifikace:
Flight rules, special conditions and specifications:

VFR, IFR pouze v letecké škole
VFR, IFR flight crew training only

Zvláštní oprávnění/povolení
Special Authorisations/ Approvals

B-RNAV EUR Region (for Beech C 90 OK-DSH,
PA-34 OK-DSP, OK-DKP, OK-DST,
Cessna 525 OK-DSJ)
RVSM (for Cessna 525 OK-DSJ only)

Oblasti provozu nebo linky: členské státy EU
Areas of operations or lines: member states of EU

Tato Provozní specifikace je nedílnou částí Povolení číslo: 802 / LPR
This Operation Specification is the integral part of the Permit No.: 802 / LPR

Vydáno pod č.j. / Issued by Ref.No : 2498b-09-301
Datum vydání / Date of issue : 4.1.2010




Ing. Josef Pospíšil
vrchní inspektor / AOC inspector